



41
2ej
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"CUAUTITLAN"

DESARROLLO DE UNA FORMULACION Y
UNA TECNOLOGIA PARA LA ELABORACION
DE MAYONESA A NIVEL PLANTA PILOTO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO EN ALIMENTOS
P R E S E N T A :
ROSA ILIANA DELGADO CAZARES

DIRECTORA DE TESIS:
DRA. SARA ESTHER VALDES MARTINEZ

ASESOR DE TESIS:
IBQ, ALVARO BECERRIL GARCIA



CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1990



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

CAPITULO	PAGINA
RESUMEN	II
INTRODUCCION	IV
I. - GENERALIDADES	1
I. a. - EMULSIONES	1
I. b. - MAYONESAS	2
I. b. 1. - DEFINICION Y NORMATIVIDAD	2
I. b. 2. - INGREDIENTES Y COMPOSICION	3
I. b. 3. - ELABORACION	13
I. b. 4. - CONTROL DE CALIDAD	23
II. - OBJETIVOS	24
III. - METODOLOGIA	25
IV. - RESULTADOS Y DISCUSION	30
V. - CONCLUSIONES	66
VI. - RECOMENDACIONES	69
BIBLIOGRAFIA	79
APENDICES	73
APENDICE 1. - NORMA OFICIAL MEXICANA. MAYONESA	73
APENDICE 2. - METODOS DE ANALISIS	78
APENDICE 3. - EQUIPO UTILIZADO. ESPECIFICACIONES	81

RESUMEN

La mayonesa es el producto alimenticio semisólido obtenido por la emulsificación cremosa de aceites vegetales comestibles, agua y yema de huevo.

El objetivo del presente trabajo fué desarrollar una formulación de mayonesa utilizando como ingrediente básico aceite de soya y proponer una tecnología a nivel planta piloto, tales que den como resultado un producto competitivo con mayonesas comerciales.

La metodología llevada a cabo es:

- 1.- Evaluación sensorial a mayonesas comerciales.
- 2.- Desarrollo de formulaciones de mayonesa a nivel laboratorio.
- 3.- Experimentación a nivel planta piloto para la determinación de las condiciones de proceso.
- 4.- Evaluación sensorial a mayonesas experimentales.

En base a los resultados obtenidos de la primera etapa se desarrollaron formulaciones a nivel laboratorio que fueron calificadas organolépticamente para seleccionar aquellas con las que se trabajó a nivel planta piloto para el estudio de las condiciones de operación. Con los parámetros de proceso establecidos, se elaboró producto con las composiciones seleccionadas en la etapa de laboratorio, estos fueron calificados sensorial y fisicoquímicamente y posteriormente comparados con la mayonesa comercial de mayor aceptación.

Los productos comercial y experimental seleccionados no presentaron diferencia significativa en los parámetros sensoriales. La composición de ambas resultó similar en base a los análisis bromatológicos efectuados.

La formulación experimental seleccionada es:

Aceite de soya	80 %
Yema de huevo	5 %
Sal	1 %
Azúcar	1 %
Vinagre y limón	5.2 %
Agua	6.4 %
Condimentos	0.4 %

Las condiciones de operación determinadas son:

- a).- Adición de fase interna a fase externa.
- b).- Adición de $1/3$ parte de fase externa a agente emulsificante.
- c).- Adición de $2/3$ partes de fase externa al término de la adición de la fase interna.
- d).- Impulsor de paletas.
- e).- Apertura relativa del molino coloidal = 0.5
- f).- Velocidad de agitación en mezclado = 2580 rpm.
- g).- Velocidad de adición de la fase interna = 248.28 ml/min.
- h).- Temperatura inicial de las fases = 8 °C.

INTRODUCCION

Las emulsiones alimenticias forman una parte muy importante de la industria alimentaria, desde las emulsiones naturales hasta las descubiertas y realizadas por el hombre, dentro de las cuales se encuentran las mayonesas cuya producción y consumo ha aumentado considerablemente, pues tan sólo en 20 años (1970 - 1990) se observó un incremento en su producción de 79.83 millones de litros en México. Esto es debido a los cambios económicos e industriales producidos en los años de 1917 a 1927 que conllevaron también a cambios en la dieta y la mayonesa empezó a formar parte importante de esta. Dicho aumento tanto en la producción como en el consumo es propiciado por el continuo incremento en la predilección de sandwich y ensaladas por ser alimento de fácil y rápida preparación (fast-foods), estos cambios acelerados tanto en la ciencia como en el ritmo de vida que se han suscitado, han obligado, por así decirlo, al sector alimentario a la creación de nuevos productos y/o a su mejoramiento y su éxito depende de la apariencia, olor, sabor y textura de los alimentos. Es por esto, que en el desarrollo de formulaciones de mayonesas en el presente trabajo, se hace uso de métodos de evaluación sensorial que son de suma importancia ya que permiten determinar con alta confiabilidad la aceptabilidad de los productos y asegurar de alguna manera que la formulación experimental pueda en algún momento dado, competir con las mayonesas existentes en el mercado.

Otros factores de no menor importancia es el conocimiento del comportamiento del producto y de sus parámetros fisicoquímicos que es necesario dominar, para poder controlar las propiedades del sistema durante su transformación y las características del producto final. De allí que se presenta la evaluación de las condiciones de trabajo de mayor importancia para obtener las condiciones de operación más adecuadas en la elaboración de

mayonesas así como las tendencias que pueden servir como punto de partida para otros trabajos más ambiciosos.

Cabe mencionar que en la elaboración de mayonesas se emplea como principal ingrediente aceites vegetales comestibles, su composición en la formulación se encuentra dentro del intervalo de 65 a 80 % . Los aceites además de ser la fuente más importante de energía, son vehículo de las vitaminas liposolubles y sus características funcionales y de textura contribuyen al sabor y aceptabilidad de los productos. Los aceites utilizados en la formulación son los obtenidos a partir de soya, algodón, maíz, oliva, cártamo y girasol dentro de los cuales el de soya es el más económico y su consumo en México ha tenido un incremento de 75,300 ton en 1970 a 551,467 ton en 1980, este último dato representa el 51.21 % del total de aceites empleados en el país. Es por esto que el empleo de aceite de soya en la formulación de mayonesas representa un abasto seguro a un precio económico, lo que permite tener menores costos de producción. Por otra parte, el hecho de producir mayonesas significa para las empresas y en particular para las refinerías un producto atractivo desde el punto de vista económico, ya que en las últimas se reduciría el intermediarismo puesto que éstas serían las proveedoras de la materia prima de mayor porcentaje en la formulación, además el producto elaborado tendrá un alto valor agregado con respecto al propio aceite y se contribuiría a la diversificación de los productos ya existentes.

I. - GENERALIDADES

I. a. - EMULSIONES

Los sistemas alimenticios se dividen en dos grupos principales: tejidos comestibles intactos y dispersiones alimenticias. Los tejidos comestibles intactos son sistemas tisulares formados por células unidas entre sí por polímeros adhesivos y/o por membranas. Por efecto de corte mecánico de las células tisulares o por alteración de las sustancias adhesivas intercelulares y membranas, el tejido se convierte en una dispersión alimenticia compleja (12).

Las dispersiones se clasifican en: a) Dispersión molecular o verdadera solución, b) Dispersión coloidal y c) Dispersión gruesa; la diferencia entre ellas se basa fundamentalmente en el tamaño de partícula que tengan sus moléculas. La verdadera solución está formada por una sola fase constituida por moléculas de bajo Peso Molecular como sales y azúcares que se disuelven rápidamente y de manera homogénea en el agua cuyas partículas son menores a 1 nanómetro (nm). Los polímeros, como el almidón o las proteínas no se disuelven, sino que forman un estado de dispersión heterogéneo llamado coloide cuyo tamaño de partícula se encuentra entre 1 y 100 nm. El tercer tipo es la dispersión gruesa, en el que las partículas tienen un tamaño mayor a 100 nm y tienden a sedimentarse (4).

Los sistemas alimenticios difásicos más comunes son soles, formados por la dispersión de partículas sólidas o semisólidas distribuidas en una fase líquida continua (Sólido en Líquido o S/L), espumas que son dispersiones de burbujas de gas suspendidas en el seno de un líquido viscoso o semi-sólido (Gas en Líquido o G/L) y emulsiones que son sistemas compuestos por dos líquidos inmiscibles en los que la fase dispersa se encuentra en forma de pequeñas gotas distribuidas en la fase continua o dispersante (Líquido en Líquido o L/L), algunos ejemplos son: leche descremada, merengues y aderezos para ensalada respectivamente (4, 12, 15).

Las emulsiones son sistemas inestables, debido a que al dispersar un líquido en el seno de otro, las partículas

adquieren la forma esférica, que es la de superficie mínima. Estas partículas tienden inmediatamente a reunirse debido a la inestabilidad del sistema producido por la tendencia de la fase dispersa a ocupar el volumen total que tenga mínima superficie de contacto con el medio dispersante. Por tal razón para obtener emulsiones estables se requiere de una tercer sustancia denominada "AGENTE EMULSIFICANTE", ya que estos agentes por su carácter tensoactivo, disminuyen la tensión de interfase formando una barrera física alrededor de cada gota, con lo que impide su coalescencia. Las emulsiones de agua en aceite (W/O) se estabilizan por sustancias liposolubles como el colesterol, mientras que las emulsiones de aceite en agua (O/W) se propician con compuestos hidrosolubles como proteínas, dextrinas y fosfolípidos (4, 5, 12).

La estabilidad de una emulsión depende de las características de interfase, distribución del tamaño de partículas, viscosidad de la fase continua, relación fase-volumen y diferencia de densidad entre las dos fases. Cualquier modificación de estas propiedades es capaz de desestabilizar el sistema con lo cual las partículas dispersas se agrupan para formar agregados y si son de naturaleza líquida pueden finalmente unirse para constituir una fase secundaria, por ejemplo: una capa oleosa (12).

I. b. - MAYONESAS

I. b. 1. - DEFINICION Y NORMATIVIDAD

Dentro de las emulsiones que existen en el mercado se encuentra la mayonesa, los estándares de identidad para este producto son regulados por medio de la Norma Oficial Mexicana (NOM-F-21-S-1979) y definen al producto como una emulsión semi-sólida hecha de yema de huevo, aceite vegetal comestible y ácido cítrico o acético, que puede contener sal, especias o aceites de especias, edulcorantes nutritivos y varios ingredientes saborizantes naturales (16, 24, 29, 37). La cantidad mínima de aceite en la elaboración de mayonesas no debe ser menor al 65 % en peso (24, 29, 31, 37) La yema de huevo

utilizada puede ser en forma líquida, congelada o deshidratada y puede contener clara de huevo fresca o congelada. Como fuente de ácido acético se usa el vinagre, aunque el ácido cítrico proveniente del jugo de limón puede ser utilizado como sustituto (24, 29, 31, 37). En este producto son permitidas todas aquellas especias, aceites de especias o sazonantes que no impartan color que simulen el que provee el huevo (24, 29, 31, 37). Como protección del aceite contra la oxidación es permitido la adición de EDTA, que además protege a la mayonesa contra la pérdida del color (24, 29, 31, 37). La mayonesa se utiliza para aderezar los alimentos e impartirles sabor agradable.

I.b.2.- INGREDIENTES Y COMPOSICION

Los ingredientes requeridos y opcionales utilizados en la elaboración de mayonesas se mencionan a continuación (24, 29, 31, 37):

- 1.- Aceite vegetal comestible, en una proporción no menor al 65 % en peso.
- 2.- Yema de huevo líquida en una cantidad mínima de 6 % en peso, o su equivalente en cualquiera de sus formas como pueden ser: yema de huevo congelada, yema de huevo seca, huevo entero líquido, huevo entero congelado, huevo entero seco o uno o más de los anteriormente mencionados, mezclados con clara de huevo líquida o clara de huevo congelada.
- 3.- Ingredientes acidificantes como vinagre o jugo de limón (en su forma congelada, enlatada, concentrada o seca).
- 4.- Mostaza, paprika u otras especias o extractos y aceites esenciales de las mismas con excepción de azafrán y cúrcuma.
- 5.- Edulcorantes nutritivos, tales como sacarosa, dextrosa, jarabe de maíz, jarabe de glucosa o miel de abeja.
- 6.- Sal (Cloruro de Sodio).
- 7.- EDTA (Etilendiamintetracetato) en un nivel máximo permitido de 75 ppm.
- 8.- Glutamato monosódico con un límite máximo de 0.2 %.

Cada ingrediente tiene una función específica y las cantidades de cada uno de ellos debe ser cuidadosamente seleccionada para obtener las características deseadas en el

producto final, debido a esto la formulación de la mayonesa varía de acuerdo al productor, algunos ejemplos se muestran en la tabla 1 (37).

TABLA 1.- FORMULACIONES TÍPICAS DE MAYONESAS

COMPONENTE	FORMULACION		
	I (%)	II (%)	III (%)
Aceite vegetal	80.0	77.0-82.0	75.0
Yema de huevo	6.0-8.0	5.3-5.8	9.0
Harina de mostaza	-	0.2-0.8	-
Sal	1.0	1.2- 1.8	1.5
Azúcar	1.5	1.0-2.5	2.5
Vinagre	4.0	2.8-4.5	8.1
Agua	5.4-7.4	12.5-2.6	2.7
Espicias	0.1	-	-
Jugo de limón	-	-	0.9
Oleoresina de paprika	-	-	0.2
Pimienta blanca	-	-	0.1

FUENTE: I. - Frima. "The structure and manufacture of mayonnaise emulsified sauces" (15).

II. - Weiss T. "The oils and their uses" (37).

III. - Fritchard, H. A., "Mayonnaise and Salad Dressing" (32).

Las características de los componentes de la mayonesa y su influencia en el producto terminado se exponen a continuación:

1.- ACEITE VEGETAL COMESTIBLE

Los lípidos son un grupo de compuestos de estructura heterogénea muy abundantes en la naturaleza, del que las grasas y aceites son los representantes más importantes. Normalmente las grasas son de origen animal, mientras que los aceites son de origen vegetal. Los lípidos son nutrientes fundamentales en la dieta; representan la forma más concentrada de calorías en los alimentos. Además éstos contribuyen en muchos aspectos a la textura, sirven como vehículo de las vitaminas liposolubles e influyen en el sabor de varios productos alimenticios (4).

Los ácidos grasos son los componentes más abundantes de los

lípidos, aunque generalmente no se encuentran en estado libre como tal, sino en forma esterificada como parte constituyente de los triglicéridos. Aquellos se dividen en dos grupos: saturados e insaturados, dependiendo de la ausencia o presencia de dobles ligaduras en su molécula respectivamente, siendo los ácidos grasos insaturados los de mayor reactividad química debido a la presencia de dobles ligaduras y la sensibilidad a las reacciones de oxidación es mayor cuanto más insaturado es el ácido (4).

La intensidad y la forma de oxidación así como los compuestos formados, dependen en gran parte de las condiciones de operación como son: temperatura, presencia de catalizadores, tipo de ácido graso y cantidad de oxígeno disponible. Siendo la auto-oxidación (acción directa del oxígeno), el tipo de rancidez que se presenta más comúnmente en lípidos con un alto contenido de ácidos grasos insaturados (4, 12).

En la elaboración de mayonesas se emplean aceites vegetales obtenidos a partir de soya, algodón, canola, oliva y girasol, entre otros, donde el aceite de soya es el más utilizado ya que es el de menor costo con respecto a los demás (24, 37). Estos aceites son sometidos a procesos de desgomado, refinación, decoloración deodorización y enfriamiento (winterización); a algunos de ellos incluso se les aplica una ligera hidrogenación a fin de mejorar determinadas propiedades y aumentar su estabilidad (4, 12, 37).

El aceite empleado en la elaboración de este producto debe ser de la más alta calidad debido a que durante el proceso de emulsificación el producto está expuesto de una u otra manera a factores que favorecen las reacciones de oxidación tales como: 1).- Incremento de la superficie expuesta del aceite, 2).- Incorporación del aire, en promedio del 10 al 12 % en volumen; por lo que en algunos casos un gas inerte (CO_2 o N_2) es utilizado para reemplazar al aire, 3).- El material orgánico nitrogenado es dispersado en forma de película alrededor de los glóbulos de aceite, 4).- En algunos equipos, las trazas de metal pueden ser disueltas por el vinagre, aunque esto se reduce al mínimo cuando el equipo usado es de acero inoxidable, 5).- El producto es empaquetado en frascos de vidrio transparente por lo que está expuesto a la luz, 6).- La temperatura a la cual la

mayonesa es almacenada puede llegar hasta 40 grados Centígrados en Verano y además el tiempo que tardan en consumir el producto puede ser hasta de 3 meses o más (24).

Por otra parte, aunque el nivel mínimo permitido de aceite en la elaboración de mayonesas es de 65 %, ésto da como resultado un producto el cual es considerado de baja consistencia para el gusto de los consumidores. Con cantidades de 80 a 84 % de aceite se logra una mayonesa de cuerpo pesado, siendo estos productos los preferidos. Cuando se utiliza más del 84 % de aceite, se obtiene un producto con una elevada consistencia, pero una falla mecánica podrá fácilmente ser causa de la coalescencia de las gotitas de aceite y por ende de la ruptura de la emulsión (29, 31, 37).

Algunas diferencias en la consistencia son producidas por la variación en la cantidad de aceite adicionado por la interacción entre los glóbulos de la fase dispersa, ya que teóricamente el máximo volúmen que puede ser llenado con esferas de igual tamaño es de 74.02 %. Sin embargo se han preparado emulsiones de O/W con una proporción de fase dispersa superior al 90 %. Estas concentraciones tan elevadas son posibles gracias a las deformaciones que experimentan los glóbulos que están en contacto y es debido a esto que la emulsión posee alto grado de plasticidad (16).

El hecho de que puedan producirse tales deformaciones sin que se produzca la coalescencia de los glóbulos, se debe a que éstos están envueltos en una película protectora formada por un agente emulsificante (12, 35). No obstante puede suceder que esta película se rompa durante el transporte y almacenamiento, con la consiguiente coalescencia de los glóbulos. La estabilidad, es decir, la separación de las fases inmiscibles constituyentes de las emulsiones, depende de numerosos factores, entre los cuales se encuentran el tamaño de los glóbulos, la diferencia de densidad entre las dos fases líquidas, la viscosidad de la fase externa, la proporción entre las dos fases y la efectividad y proporción del agente emulsificante. Son también importantes las condiciones de conservación tales como temperatura y agitación o reposo. Aunque una buena estabilidad es, generalmente asociada con un tamaño de gotas dispersas en promedio de 2 a 4 micras y

homogéneo. (29).

2. - HUEVO

De los componentes que constituyen la mayonesa, la yema de huevo es, el agente emulsificante de mayor importancia (21, 35, 36, 37).

Los componentes tensoactivos de la yema de huevo son fosfolípidos (principalmente lecitina), proteínas y colesterol como se observa en la tabla 2.

TABLA 2.- COMPOSICION DE LA YEMA DE HUEVO

COMPONENTE	PORCENTAJE
Grasas	22.5
Proteínas	16.0
Lecitina	10.0
Colesterol	1.5
Sales	2.0
Agua	48.0

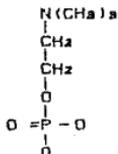
FUENTE: Becher, P. "Emulsiones Teoría y Práctica" (5)

Investigaciones hechas por Corran and Lewis (1924), muestran que la lecitina favorece las emulsiones O/W, mientras que el colesterol favorece las del tipo W/O. Sell y colaboradores (citado por Harrison, L. J. y Cunningham, F. E. 1985) (16), observaron que el colesterol no tiene efectos en la estabilidad de la mayonesa cuando es agregada en pequeñas cantidades, situación que se presenta en el huevo. Al experimentar únicamente con lecitina observaron que la consistencia y estabilidad de la mayonesa disminuían, por lo que concluyeron que la habilidad emulsificante de la yema de huevo es debida a un complejo llamado lecito-proteínas (18, 24, 35).

La lecitina es un diacilglicérido con una molécula de ácido fosfórico unida al glicerol a través de un enlace éster y una base nitrogenada como se muestra en la figura 1, el grupo fosfato y la parte nitrogenada (parte hidrofílica) interaccionan con la fase acuosa, mientras que las cadenas hidrocarbonadas (parte hidrófoba) lo hacen con la fase lipídica, con lo que se logra un contacto más estrecho entre las dos fases inmiscibles

(4).

FIGURA 1.- ESTRUCTURA QUIMICA DE LA LECITINA



Las proteínas son generalmente estabilizadoras de las emulsiones O/W, debido a su naturaleza predominantemente hidrofílica. Estas son absorbidas en la interfase entre las gotas de aceite y el agua y residen del lado acuoso de la interfase debido al carácter hidrófilo antes mencionado. La película formada por las proteínas absorbidas contribuye a las propiedades físicas y reológicas que determinan la resistencia a la coalescencia de las gotas (11, 35).

La estabilidad de la emulsión resulta, por una parte de la reducción de la tensión interfacial entre el agua y el aceite, con lo que disminuye la tendencia a que se reúnan los glóbulos dispersos y por otra de la formación de la película constituida por las proteínas que envuelve a los glóbulos de aceite e impide su coalescencia en caso de contacto (35).

Cabe mencionar que las proteínas contenidas en la yema de huevo son emulsificantes hidrofílicos débiles, por lo que es esencial que ésta sea adicionada a la fase acuosa, de lo contrario, se sufre el riesgo de una inversión de fases, resultando una emulsión W/O (15). Por otra parte el calor es un factor adverso a la estabilidad de la emulsión en este caso, ya que produce un decremento en la viscosidad y rigidez de la película de proteína que es absorbida en la interfase y por lo tanto decrece la estabilidad de la emulsión (12).

En la elaboración de mayonesas, se puede utilizar yema de huevo fresca, la cual contiene aproximadamente 48 % de sólidos totales. No obstante los contenidos en la yema líquida comercial

pueden bajar debido a que una parte de la clara se adhiere a las membranas vitelínicas de la yema, produciéndose un descenso en el cuerpo de la emulsión. Por esta razón, la cantidad máxima de clara presente en la yema en cuestión debe ser 15 % (37).

La yema de huevo fresca genera una mayonesa de cuerpo ligero, no obstante, el producto podrá adquirir una mayor consistencia durante el almacenamiento, debido a que las proteínas de la yema coagulan con los componentes ácidos presentes en la formulación (21, 27).

Durante la congelación de la yema de huevo, esta forma un gel irreversible, siendo indispersable e inútil para la producción de mayonesa. Para prevenir este deterioro y causar una gelificación parcial a la yema de huevo, ésta es tratada con soluciones salinas o azucaradas antes de la aplicación de bajas temperaturas, así la yema descongelada será espesa pero dispersable dando una mayonesa con buen cuerpo. La yema congelada tratada con soluciones salinas es la más comúnmente usada ya que inhibe la proliferación de micro-organismos durante la descongelación (11, 16, 37).

Cuando se usa la yema deshidratada, esta es dispersada en una porción acuosa de la formulación y generalmente el resultado es un producto de una consistencia como la obtenida con yema parcialmente congelada o fresca, cuando se preparan con una cantidad igual de sólidos (16, 37).

En general se puede utilizar el huevo en cualquiera de sus presentaciones siempre y cuando la cantidad y tipo de sólidos presentes tengan una equivalencia con la yema de huevo líquida, ya que éstos tienen una importante influencia en la viscosidad y fuerza de la emulsión. La cantidad de yema de huevo no debe ser menor al 6 % de la formulación, según la Norma Oficial Mexicana (16, 31, 37).

3.- ACIDOS

La industria de la mayonesa utiliza dos tipos de vinagres como fuente de ácido acético: vinagre de sidra y vinagre destilado; estos deben ser ligeros en sabor y aroma, siendo el vinagre destilado el de menor costo y por ende el más comúnmente empleado para estos fines (24).

Los ácidos son los principales inhibidores de crecimiento microbiano en la elaboración de mayonesas, aumentando su actividad anti-microbiana a medida que disminuye el pH de la emulsión. Los ácidos también imparten sabor en el producto y contribuyen a la formación de la emulsión ya que favorecen la solubilidad de las proteínas presentes en la formulación (12, 19).

En algunas mayonesas se adiciona jugo de limón por efectos en el sabor o por razones promocionales, así por ejemplo la mayonesa Gourmet puede ser hecha totalmente con jugo de limón aunque esto tiene como resultado un producto de mayor costo que los productos ordinarios (37).

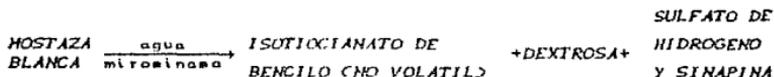
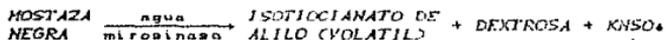
Los vinagres en el mercado se estandarizan al 5 % (50 granos) o al 4 % (40 granos) de ácido acético, donde 100 granos corresponden a 10 % de ácido acético. El jugo de limón tiene aproximadamente un 5 % de ácido cítrico y por ello es comparable al vinagre en cuanto a la acidez. Aunque el pH del vinagre destilado tiende a ser menor que el de las otras formas. La Norma Oficial Mexicana marca como especificaciones que la acidez total expresada como ácido acético se encuentre entre 0.25 y 0.50 % mientras que el pH esté dentro de 3.4 y 4.8 (7, 31, 37).

4.- ESPECIAS

No obstante que en la preparación de mayonesas se pueden utilizar una gran cantidad de especias, la más popular es la mostaza y es considerada como un ingrediente necesario, debido a sus características sensoriales, aunque es citada como opcional en los estándares de identidad (24, 31).

La semilla de mostaza está disponible en dos variedades: amarilla y café, también conocidas como blanca y negra respectivamente. El proceso de molienda es similar al aplicado para la obtención de harina de trigo en donde la cascarilla es removida antes de la reducción de tamaño, obteniéndose de esta manera el harina de mostaza (13, 34).

Cuando se adiciona agua al harina de mostaza, los siguientes glucósidos pueden ser hidrolizados debido a la enzima mirosinasa que se encuentra en ambas semillas (11, 33):



El isotiocianato de alilo presente en la mostaza negra es el compuesto responsable del olor extremadamente picante y del sabor característico a mostaza, mientras que el isotiocianato de bencilo, que se encuentra en la mostaza blanca carece de olor, pero contribuye a la pungencia (11, 13, 33).

La proporción de la mezcla de las dos variedades está en función del balance deseado entre el sabor, pungencia y aroma (35).

En cuanto al efecto del harina de mostaza en la mayonesa se han vertido las más conflictivas opiniones. De esta manera, Kilgore considera que el harina de mostaza posee importantes propiedades emulsificantes, mientras que Cumming (citado por Harrison, L. J. y Cunningham, F.E. 1985) (16) ha observado que el aceite esencial de mostaza puede ser utilizado en lugar del harina sin afectar la fuerza de la emulsión (16, 37). Las características emulsificantes del harina de mostaza son debidas a que sus proteínas son absorbidas en la interfase óleo-acuosa, disminuyendo la tensión superficial (33). La presencia de harina de mostaza puede ser crítica para la obtención de la emulsión, aunque un incremento en la cantidad de huevo, disminuye la importancia del poder emulsificante de la mostaza (37).

La harina de mostaza contiene de 0.5 a 1.0 % de aceite disponible de mostaza, dependiendo de la mezcla usada y se recomienda utilizar aproximadamente 1/3 del equivalente a la cantidad de harina utilizada, ya que el aceite es más picante en estado libre. Debido a que el aceite de mostaza es altamente irritante es conveniente diluirlo a una concentración baja para su fácil manejo. Aunque el aceite esencial de mostaza no contribuye a la estabilidad de la emulsión, tiene la ventaja de que al usar este, el sabor es retenido por más tiempo (37).

5. - SAL Y AZÚCAR

La sal y el azúcar, son utilizados principalmente como sazonadores en la mayonesa, en niveles que van desde 0.5 hasta 2.5 % en peso y son adicionados en aproximadamente 30 % de la fase acuosa (37).

La presencia de estos, modifican la tensión superficial, ya que los grupos polares (hidrófilos) y los no polares (hidrófobos), son absorbidos en la interfase óleo-acuosa contribuyendo con esto a la disminución de la tensión superficial (12, 35).

Por otra parte y como es bien conocido, la sal actúa como bacteriostático, inhibiendo el desarrollo de micro-organismos (4, 12, 29).

6. - EDTA

Las reacciones de oxidación de los ácidos grasos poli-insaturados que tiene lugar durante diversas etapas de los procesos a que son sometidos, son catalizadas por iones metálicos tales como calcio, cobre y hierro a niveles menores de 1 ppm. La eliminación de estos metales se puede hacer utilizando diferentes agentes secuestrantes o quelantes, ya que estos reaccionan con los iones metálicos y alcalinotérreos formando complejos que alteran las propiedades y los efectos de los iones, desempeñando de esta manera, un importante papel en la estabilización de los alimentos (4, 12, 29).

El Etilendiamintetracetato (EDTA), es uno de los agentes secuestrantes más utilizados, además de proteger al aceite de la oxidación, también lo hace contra la reversión en el sabor y contra las pérdidas de color en la mayonesa (4, 37). La cantidad máxima permitida de EDTA en la mayonesa es de 75 ppm, ya que se piensa que un abuso podría traer como consecuencia la reducción de la disponibilidad biológica de los metales que contienen los alimentos (4, 31, 37).

7. - GLUTAMATO MONOSODICO

Los potenciadores de sabor son agentes químicos que son utilizados para acentuar los sabores deseados o eliminar los indeseables. Entre los potenciadores de mayor importancia

comercial que se usan en la Industria Alimenticia, se encuentra el Glutamato Monosódico, que en forma pura tiene un sabor dulce-salado. El nivel máximo permitido en la elaboración de mayonesas es 0.2 % (31).

Existen dos teorías acerca de la manera de actuar de este agente, una supone que el glutamato incrementa la sensibilidad de las células de los centros de percepción, acentuando de esta manera la intensidad del sabor; mientras que otra afirma que el glutamato aumenta la secreción de saliva, lo que facilita la percepción de los sabores (4).

I.b.3.- ELABORACION DE MAYONESAS

La mayonesa es una emulsión difícil de preparar, ya que una emulsión tiende a formar la fase continua con el componente de mayor proporción. En este caso, el aceite es el de mayor porcentaje y es forzado a permanecer en la fase dispersa. Por lo tanto el cuidado en las condiciones de proceso y la forma de elaboración de la mayonesa son de vital importancia para la obtención de un producto con las características deseadas (35, 37).

El equipo para la producción de la mayonesa consiste básicamente de formas variadas de mezcladores intensivos conectados a un molino coloidal por tuberías, válvulas de control adecuadas y una bomba rotatoria de desplazamiento positivo. El material de las partes en contacto con el producto debe ser fabricado de acero inoxidable debido a que, además de guardar condiciones asépticas, es resistente a la corrosión que en determinado momento puede causar el vinagre contenido en la formulación a materiales tales como acero ordinario o aluminio (15, 37).

Los equipos mezcladores utilizados en los procesos por lotes y semi-continuos son de funcionamiento intermitente y de diversos tipos, los cuales pueden variar desde un propulsor tipo hélice sumergido en un pequeño tanque hasta depósitos provistos de paletas o turbinas, por ejemplo el mezclador Dixie que es un tanque circular provisto de tres turbinas montadas de lado a

lado en posición horizontal cercanas al fondo del tanque, donde la flecha es movida por un motor de velocidad variable. Aquí la preparación de la premezcla es comenzada por la adición de mayonesa de una corrida previa (llamada "semilla") a un nivel que tape la flecha del mezclador. Esto dá a las hojas de la turbina un material pesado para empezar a trabajar, mientras dispersa el aceite en finas gotitas. El huevo y los ingredientes secos son adicionados a la "semilla" en el mezclador con baja agitación, después, el aceite y el vinagre son adicionados desde los tanques de almacenamiento. Esta premezcla es después bombeada a un molino coloidal, que consiste de un rotor estriado de forma cónica truncado insertado dentro de un estator estriado. El espacio entre el rotor y el estator es ajustable por medio de un volante que mueve el rotor dentro o fuera del estator (figuras 2 y 3) (29, 35, 37).

El proceso de manufactura puede ser por lotes, semicontinuo o continuo. El primero utiliza un mezclador ordinario y el producto puede ser pasado o no a través de un molino coloidal, como puede verse en la figura 4, este procedimiento es generalmente utilizado cuando se prepara pequeños lotes de producto. El proceso semicontinuo (figura 5) consiste básicamente de dos mezcladores conectados a un molino coloidal, arreglados de tal manera que mientras un mezclador alimenta al molino coloidal, en el otro es preparada una premezcla. La figura 6 muestra el diagrama de flujo para un proceso continuo, donde los ingredientes secos junto con una parte de la fase acuosa y huevo son mezcladas juntas y esta mezcla es llevada a un tanque mezclador junto con el aceite y vinagre según la formulación usada. El nivel del tanque debe ser constante durante la operación, puesto que la agitación en punto da una emulsión suave y el tiempo de retención no debe ser mayor a tres minutos ya que podría provocar una ruptura de la emulsión. Posteriormente la premezcla es bombeada al molino coloidal. Según Robinson, de estos sistemas, en el que se logra la mayor cantidad de aceite emulsificado, es en el de lotes o semicontinuo (citado por Harrison, L. J. y Cunningham, F.E. 1985) (15, 16, 29, 37).

Fig. 2

ROTOR Y ESTATOR DEL MOLINO COLOIDAL

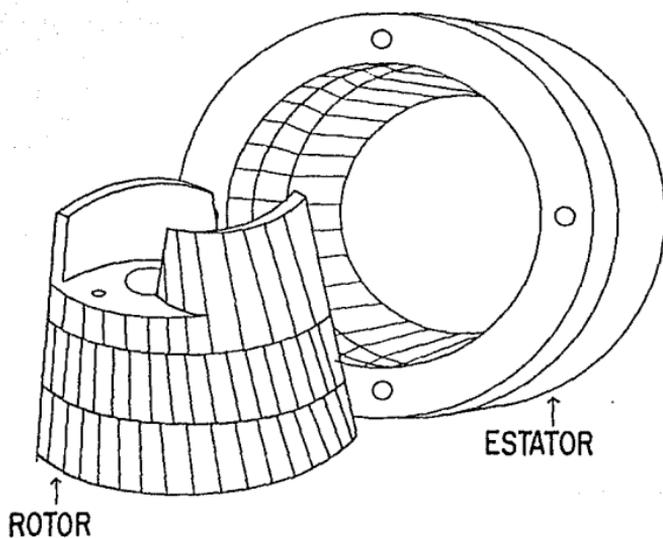
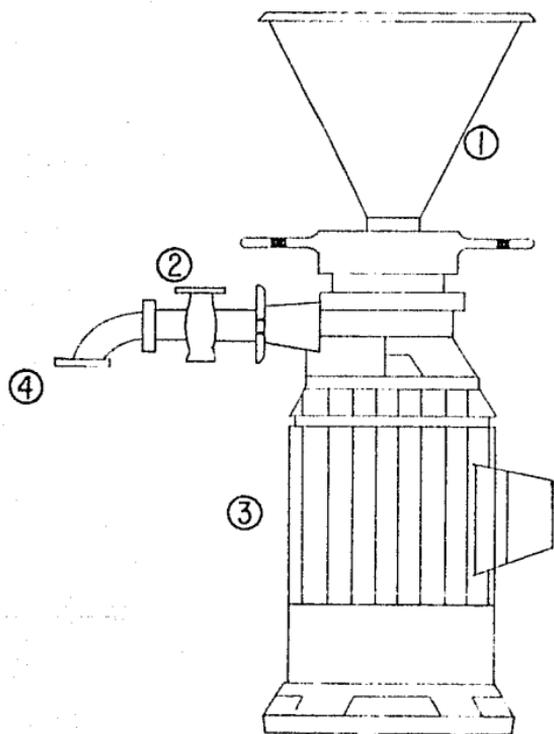


Fig 3

MOLINO COLOIDAL



- 1.- TOLVA
- 2.-VOLANTE RE-
GULADOR DE
APERTURA EN-
TRE ROTOR Y
ESTATOR
- 3.-MOTOR
- 4.-SALIDA DE
PRODUCTO

FIG.4

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA ELABORACION DE
MAYONESA PROCESO POR LOTES

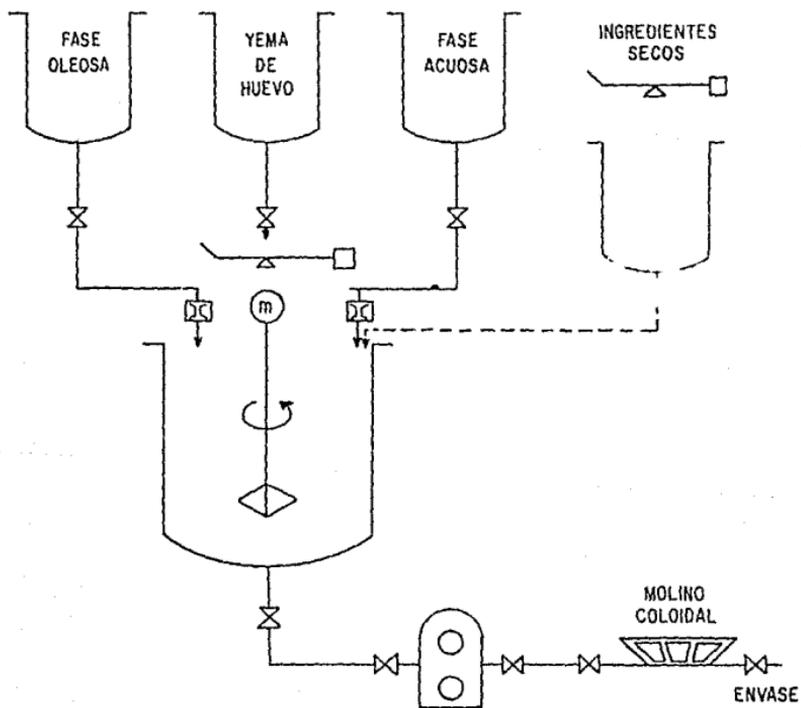


FIG. 5

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA ELABORACION DE
MAYONESA PROCESO SEMICONTINUO

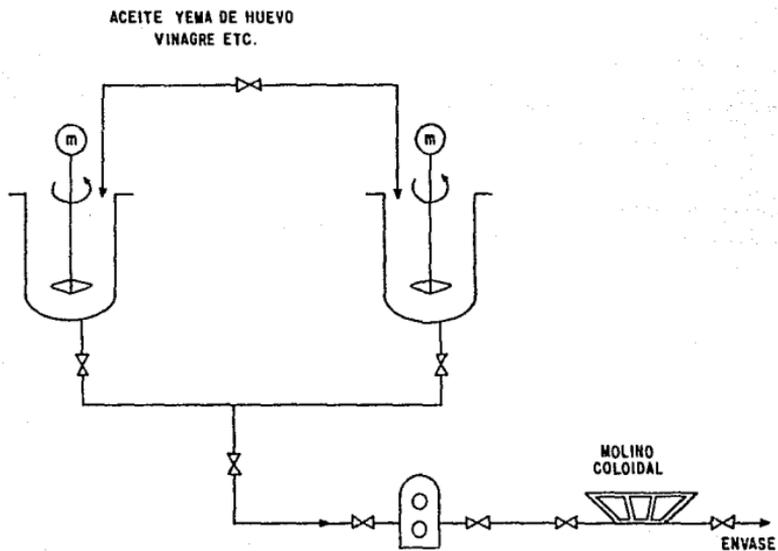
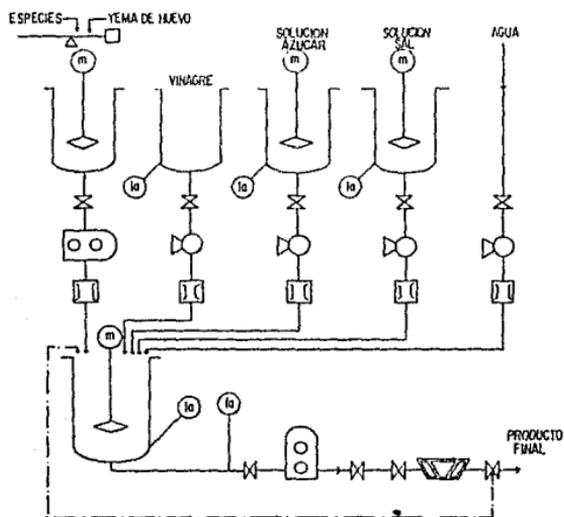


FIG 6

DIAGRAMA DE FLUJO PARA ELABORACION DE
MAYONESAS PROCESO CONTINUO



SIMBOLOGIA

-  BASCULA
-  MOTOR
-  ALARMA BAJO NIVEL
-  MEDIDOR DE FLUJO
-  ALARMA DE AUSENCIA DE FLUJO
-  BOMBA DESPLAZAMIENTO POSITIVO
-  VALVULA COMPUERTA
-  LINEA DE RETORNO (EMULSIONES ROTAS)
-  MOLINO COLOIDAL
-  BOMBA CENTRIFUGA

La forma más segura de preparar emulsiones consiste en agregar la fase interna a la fase externa que contiene el agente emulsificante, por lo que una manera de elaboración de la premezcla de mayonesa en el sistema por lotes o semicontinuo se puede observar en las figuras 4 y 5; consiste en mezclar la yema de huevo con los ingredientes secos y una tercera parte de la fase acuosa, después el aceite es adicionado a la mezcla en una corriente delgada y gradualmente aumentada, simultáneamente con las dos terceras partes restantes de la fase acuosa (15, 27, 35)

Algunos autores sugieren primero la adición de la fase oleosa a la mezcla de yema de huevo con los ingredientes secos, y después añadir la fase acuosa. Esto significa que la manufactura es llevada a cabo vía inversión de fases, ya que primero se forma una emulsión W/O, la cual se convierte a una emulsión O/W después de que una cierta cantidad de agua es adicionada. No obstante es muy probable que esta inversión no se lleve a cabo por el bajo poder hidrofílico que tienen las lipo-proteínas contenidas en la yema de huevo, por lo que este método no es recomendable (15).

La velocidad con la cual el aceite es adicionado, así como también la velocidad del agitador es extremadamente importante, ya que si el aceite es adicionado lentamente con relación a la velocidad del agitador, la premezcla será muy densa y el subsecuente paso a través del molino coloidal producirá una sobre-emulsificación del producto, dando como resultado una mayonesa de baja viscosidad así como un deterioro en la estabilidad de la emulsión. Si por el contrario, el aceite es adicionado rápido con respecto a la velocidad del agitador, la premezcla puede ser de apariencia oleosa, con la presencia de grandes masas de aceite que tiende a causar que las pequeñas gotas de aceite que ya han sido emulsificadas coalescan, implicando la ruptura de la emulsión, si este es el caso la velocidad del aceite tendrá que ser disminuída y si es necesario reducida a cero, hasta que el aceite libre sea completamente dispersado; lo ideal es formar una pre-emulsión débil y completar la emulsión por medio del molino coloidal. Una vez que todo el aceite es dispersado en el mezclador, la velocidad de flujo del vinagre no es crítica, aunque por supuesto la

inundación del mezclador con la fase acuosa debe ser evitada. El control de la viscosidad aparente de la pre-mezcla reduce la variabilidad de la consistencia del producto (35, 37).

Según Gray y Maier, una recomendación importante es la de enfriar los ingredientes fluidos a una temperatura de 15.5 °C para productos hechos en mezcladores pequeños y de 10 a 15.5 °C, cuando son utilizados grandes volúmenes (citado por Weiss Theodore 1976) (37), ya que la temperatura de la emulsión puede aumentar hasta en 5.5 °C durante la molienda y el rompimiento de la emulsión puede presentarse a temperaturas mayores de 24 °C. Esto es aplicado aunque el molino coloidal está provisto de chaqueta de enfriamiento, ya que la velocidad de transferencia de calor no es tan rápida para mantener lo suficientemente baja la temperatura si los ingredientes que son alimentados al molino no son pre-enfriados (29, 35).

Durante la molienda, los resultados más efectivos se logran con la menor apertura del molino coloidal a la cual la emulsión no se rompa, ya que un tamaño demasiado pequeño de glóbulo implica un incremento del área interfacial mayor de la que puede ser estabilizada por la cantidad del emulsificante presente. La distancia promedio entre el rotor y el estator del molino coloidal se encuentra en 30 milésimas de pulgada, aunque esto puede variar debido a cambios en la formulación, producto final deseado, temperatura de los ingredientes y velocidad de alimentación requerida para el equipo de llenado entre otros factores. El valor correcto de la apertura del molino coloidal, la velocidad de la premezcla y la cantidad de la fase acuosa adicionada en la primera fase del mezclado son determinados empíricamente de acuerdo a las características del producto deseado (35).

En caso de existir emulsiones débiles o rotas, éstas pueden ser reprocesadas por su adición al mezclador como "semilla", o bien en los estados prematuros de la preparación de la premezcla. La cantidad máxima de reproceso que puede ser adicionada es 10 % del peso total del producto; aunque esta mayonesa no es necesariamente defectuosa, tiene menor vida de anaquel (37).

El producto terminado que sale del molino coloidal es puesto

en un pequeño tanque abastecedor, equipado con un mecanismo de control de nivel y es bombeado a través de un llenador a los contenedores finales (29).

Debido a que la mayonesa es muy sensible a la oxidación por razones antes mencionadas (temperatura, presencia de catalizadores, tipo de ácido graso constituyente y cantidad de oxígeno disponible), una forma de alargar la vida de anaquel del producto terminado, es la inyección de un gas inerte (CO_2 , N_2) justo antes de entrar al molino coloidal, en aproximadamente 10 % en volúmen y además puede ser adicionado cuando el frasco ha sido llenado, instantes antes de taparlo, como un factor de seguridad para alargar aún más la vida de anaquel. Otra manera de evitar la oxidación es la completa eliminación de inclusiones de aire, por medio de la aplicación de vacío (15, 29).

Reológicamente, la mayonesa es un fluido que presenta tixotropía, es decir, a una velocidad de corte constante, la viscosidad aparente disminuye con respecto al tiempo, hasta llegar a un punto de equilibrio donde la viscosidad aparente se hace constante. Esto es debido a que las interacciones de las fuerzas iónicas, hidrofóbicas y de Van der Waals de las fases acuosa y oleosa son desestabilizadas por la aplicación de una acción mecánica dando como consecuencia una pérdida en la consistencia. Cuando el sistema se deja en reposo, los enlaces entre las fases pueden reformarse e incrementar la viscosidad aparente en función de ese tiempo (8).

Al equilibrio, la mayonesa es un fluido pseudo-plástico ya que la viscosidad aparente decrece con el incremento de la velocidad de corte. Este comportamiento es debido a que al aumentar la velocidad de corte, existe un arreglo de las partículas en dirección al flujo del fluido, dando como resultado una disminución en la viscosidad aparente. Si la velocidad de corte sigue aumentando, llega un momento que las partículas han logrado su máximo reacomodo y la viscosidad aparente no sufre variación. Además, este tipo de productos presentan un punto de cedencia, (τ_0) el cual representa la fuerza mínima necesaria para fluir (10).

I. b. 4. - CONTROL DE CALIDAD EN EL PROCESO

Una vez que el producto ha sido envasado se somete a un análisis de control de calidad, siendo la consistencia, una de las características de más relevancia de la mayonesa ya que su sabor y aceptación están directamente relacionado con esta propiedad.

Esta determinación se realiza por medio del "Plumit", que es un cono de aluminio que pesa 14.5 g y mide 13 cm de longitud. Este es puesto a 12 pulgadas de la superficie del producto para después dejarlo caer; la distancia a la cual penetra el cono es leída a través de un vástago graduado y la lectura tiene una correlación inversa con la consistencia (29, 37).

Una manera de medir directamente la viscosidad aparente es utilizando un Viscosímetro Brookfield con un aditamento especial llamado "Helipath", ya que un viscosímetro ordinario no da lecturas significativas debido a que el movimiento normal que presenta este, causa el rompimiento de la emulsión. El instrumento Helipath permite a las agujas en forma de "T", subir y bajar lentamente, produciéndose así, una trayectoria helicoidal a través de la muestra. La resistencia que tiene el producto al movimiento de la aguja es leída como un número el cual se puede correlacionar con la viscosidad en unidades de centipoise por medio de factores de conversión que son proporcionados por el fabricante (37). En el presente trabajo se utilizó el segundo método mencionado para la evaluación de la viscosidad aparente.

Dentro de los análisis físico-químicos que se realizan a la mayonesa se encuentran las determinaciones de extracto estereo, proteínas, pentóxido de fósforo, acidez total, pH e índice de peróxidos. Los análisis microbiológicos que se realizan al producto terminado dictados por la Norma Oficial Mexicana son: Mesófilos aerobios, grupo coliforme, hongos, levaduras, Salmonella, E. Coli y Staphilococcus aureus. Las evaluaciones sensoriales que se califican en el producto son Aspecto, Color, Olor y Sabor (31).

II.- OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

DESARROLLAR UNA FORMULACION DE MAYONESA UTILIZANDO COMO INGREDIENTE BASICO ACEITE DE SOYA Y PROPONER UNA TECNOLOGIA A NIVEL PLANTA PILOTO, TALES QUE DEN COMO RESULTADO UN PRODUCTO COMPETITIVO CON MAYONESAS COMERCIALES

OBJETIVOS PARTICULARES:

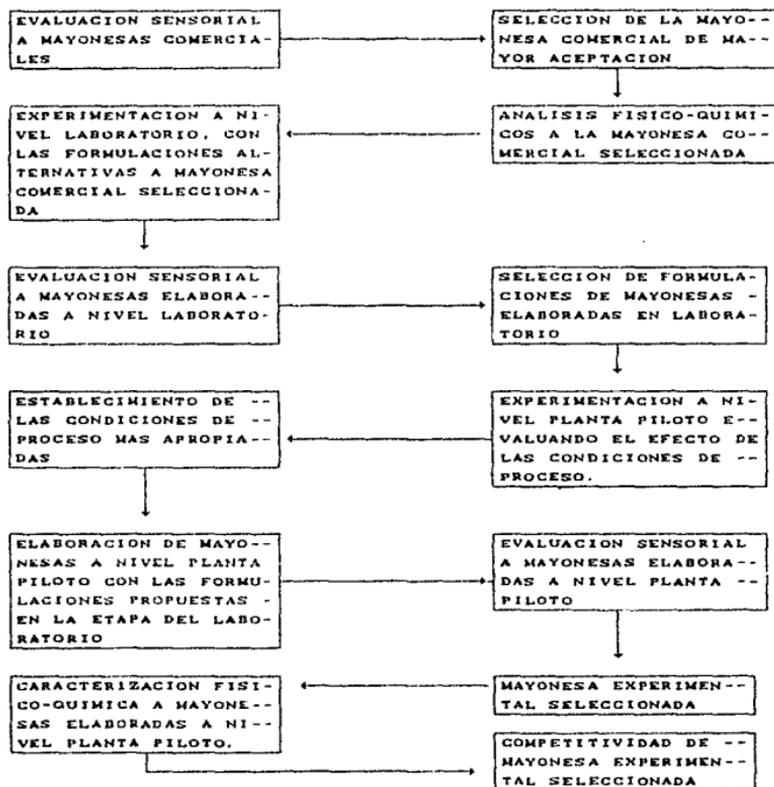
- 1.- DESARROLLO DE FORMULACIONES DE MAYONESA A NIVEL LABORATORIO.
- 2.- ESTABLECIMIENTO DE LAS CONDICIONES DE OPERACION A NIVEL PLANTA PILOTO, CON LAS CUALES SE OBTENGA UN PRODUCTO CON CARACTERISTICAS SIMILARES A LA MAYONESA COMERCIAL DE MAYOR ACEPTACION.
- 3.- COMPARACION DE LAS CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS Y SENSORIALES DE LA MAYONESA FORMULADA vs LA MAYONESA DE MAYOR ACEPTACION EN EL MERCADO.

III. - METODOLOGIA

III. a. - METODOLOGIA EMPLEADA

La metodología empleada para el desarrollo del presente proyecto se siguió de acuerdo a la figura 7, posteriormente es explicado cada uno de los pasos utilizados.

FIGURA 7. - CUADRO METODOLOGICO



1.- EVALUACION SENSORIAL A MAYONESAS COMERCIALES

Con el fin de obtener parámetros de comparación para las mayonesas experimentales, se sometieron a una evaluación sensorial 5 mayonesas comerciales, designadas con las siguientes letras:

- 1.- Marca (A)
- 2.- Marca (B)
- 3.- Marca (C)
- 4.- Marca (D)
- 5.- Marca (E)

Para cada una de ellas se calificó:

- Sabor
- Acidez
- Aroma
- Textura
- Grado de gusto y
- Sensación grasosa

Posteriormente se registró:

- Adquisición del producto

La evaluación sensorial de las mayonesas comerciales se realizó con un panel de 95 jueces no entrenados, empleando para la evaluación una prueba de preferencia con Escala Hedónica de siete puntos, desde 4 (me desagradó muchísimo) hasta 10 (me gustó muchísimo). Las muestras se presentaron a los jueces en forma aislada y codificadas con números aleatorios.

Esta evaluación se hizo con el objeto de determinar la preferencia de los productos y posteriormente poder tomar como parámetros las características de la mayonesa de mayor grado de aceptación, para asegurar de esta manera, que el producto experimental tenga un lugar seguro entre el total de productos existentes en el mercado.

En las evaluaciones sensoriales realizadas, se empleó el formato anexo (tabla 3), utilizando las escalas de evaluación mostradas en la tabla 4

TABLA 3.- FORMATO PARA EVALUACION SENSORIAL

FICHA: Prueba de aceptación de mayonesas comerciales

INSTRUCCIONES:

- 1.- Pruebe la muestra de mayonesa.
- 2.- Marque con una "X" cada una de las características de acuerdo a la escala presentada.
- 3.- Por favor responda a las preguntas formuladas al final.

NOMBRE: _____

MUESTRA: _____

FECHA: _____

A

ESCALA	CARACTERISTICAS				GRADO DE GUSTO
	TEXTURA	ACIDEZ	SAPOR	AROMA	
Me gusta muchísimo					
Me gusta mucho					
Me gusta moderadamente					
Me gusta poco					
Me desagrada moderadamente					
Me desagrada mucho					
Me desagrada muchísimo					

PREGUNTAS:

B.- Tiene sensación grasosa esta mayonesa?

Mucho _____ Moderadamente _____ Poco _____ Nada _____

C.- Compraría usted esta mayonesa? Sí _____ No _____

TABLA 4. - ESCALA UTILIZADA EN LAS EVALUACIONES SENSORIALES

	ESCALA	PUNTUACION
A	ME GUSTA MUCHISIMO	10
	ME GUSTA MUCHO	9
	ME GUSTA MODERADAMENTE	8
	ME GUSTA POCO	7
	ME DESAGRADA POCO	6
	ME DESAGRADA MUCHO	5
	ME DESAGRADA MUCHISIMO	4
B	MUCHO	10.0
	MODERADAMENTE	7.5
	POCO	5.0
	NADA	2.5
C	SI	10.0
	NO	5.0

2. - SELECCION DE LA MAYONESA COMERCIAL DE MAYOR ACEPTACION

A los datos obtenidos de la evaluación sensorial a mayonesas comerciales se les aplicó un análisis de varianza a un nivel de confianza del 95 y 99 % para cada una de las características organolépticas evaluadas, y así determinar la de mayor aceptación.

Cabe aclarar que en los datos obtenidos de las evaluaciones sensoriales se utilizaron pruebas paramétricas (Análisis de varianza, Prueba de Duncan, y Muestras independientes) debido a que se considera que en este caso tienen mayor eficiencia que las pruebas no paramétricas ya que aunque las calificaciones tienen escala ordinal (y no de intervalo) la distribución de las poblaciones son normales.

En los casos donde se encontró diferencia significativa se procedió a aplicar el tratamiento de Duncan para saber específicamente si una muestra dada difiere en forma significativa de otra media considerada en cada una de las características evaluadas y así poder elegir la mayonesa de mayor aceptación. Para esta selección se tomó como parámetro los promedios más elevados de las muestras.

3.- ANALISIS FISICO-QUIMICOS A LA MAYONESA COMERCIAL SELECCIONADA

Para caracterizar la mayonesa comercial seleccionada, se aplicaron a dicho producto los análisis físico-químicos que se enlistan a continuación empleando técnicas oficiales del AOAC (1), los cuales son mencionados en la Norma Oficial Mexicana (2):

- Acidez total, expresada como ácido acético
- Extracto étereo
- Índice de peróxidos
- Pentóxido de fósforo
- pH
- Proteínas

Como análisis complementarios se realizaron las siguientes pruebas:

- Humedad
- Perfil de ácidos grasos por Cromatografía de gases (20)

Para la obtención de los parámetros que serán utilizados en la evaluación de las condiciones de proceso, se realizaron los siguientes análisis:

- Diámetro del glóbulo de aceite Apéndice 2.2
- Estabilidad (referido a la separación de fases) (27)
- Viscosidad aparente Apéndice 2.5 (37)

4.- EXPERIMENTACION A NIVEL LABORATORIO CON FORMULACIONES ALTERNATIVAS A MAYONESA COMERCIAL SELECCIONADA.

La elaboración de mayonesas a nivel laboratorio con formulaciones alternativas a la mayonesa comercial seleccionada, se realizó en una batidora Hobart Mod N-50 (cuyo tazón tiene una capacidad para 5 litros), en sistemas por lotes con corridas de 1 Kg.

Con la finalidad de tener un producto con buenas características para la evaluación sensorial, se variaron las condiciones de operación que se enlistan a continuación.

1.- Orden de adición de las fases

- a) Fase oleosa a fase acuosa con agente emulsificante
- b) Fase acuosa a fase oleosa con agente emulsificante

2.- Orden de adición de la fase acuosa

- a) Al término de la adición de la fase oleosa
- b) Simultáneamente con la fase oleosa, pero en corrientes separadas

3. - Tipo de impulsor

- a) De paletas
- b) De globo

4. - Velocidad de agitación (rpm)

- a) 139
- b) 285
- c) 591

5. - Velocidad de adición de la fase oleosa (ml/min)

- a) 40
- b) 80
- c) 120

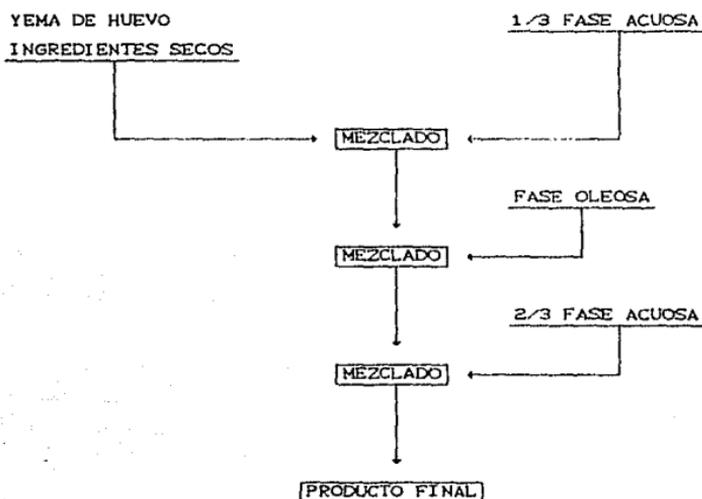
Cabe mencionar que en esta etapa se tuvieron problemas con el equipo para la medición de los parámetros físicos, por lo que estos fueron medidos cualitativamente. La elección de las condiciones de operación fueron aquellas con las que se obtuvo un mejor producto

Una vez establecidas las condiciones de operación con las cuales se logró un mejor producto, se procedió a la preparación de 25 formulaciones de mayonesas, con diversos condimentos y concentraciones de estos con los ingredientes básicos mostrados en la tabla 5, cuya elaboración se hizo según el diagrama de bloques que esquematiza la figura 8.

TABLA 5.- INGREDIENTES BASICOS QUE SE UTILIZARON PARA LA ELABORACION DE MAYONESAS

INGREDIENTES	%
Aceite de soya	80.0
Yema de huevo fresco	8.0
Sal	1.0
Azúcar	1.0
Agua	8.4

FIGURA 8.- DIAGRAMA DE BLOQUES PARA LA ELABORACION DE MAYONESAS A NIVEL LABORATORIO



5.- EVALUACION SENSORIAL A MAYONESAS ELABORADAS A NIVEL LABORATORIO

Se aplicó una evaluación sensorial de preferencia utilizando Escala Hedónica para las mayonesas elaboradas en el laboratorio, calificando únicamente grado de gusto, puesto que en esta etapa, el producto aún no presentaba las características adecuadas, debido a que la emulsión no estaba completamente formada por la ausencia del paso de ésta a través de un molino coloidal

Esta evaluación se realizó con un panel de 20 jueces semi-entrenados quienes calificaron cada una de las 25 formulaciones trabajadas. Estas fueron proporcionadas a los jueces en forma aislada y en forma codificada con números

aleatorios y en grupos de 5 formulaciones por sesión para cada uno de los 20 catadores, esto con el objeto de no atrofiar los sentidos de dichos panelistas y evitar con esto un posible sesgo en los resultados.

A cada grupo de 5 formulaciones de mayonesas evaluadas, se les aplicó un análisis de varianza y posteriormente, en caso de presentar diferencias significativas, el tratamiento de Duncan, para seleccionar la mayonesa más aceptada de cada uno de los grupos, es decir, las 5 formulaciones que mayor aceptación tuvieron de un total de 25

6.- SELECCION DE FORMULACIONES DE MAYONESAS ELABORADAS EN LABORATORIO

Con el objeto de experimentar en planta piloto con un mínimo de formulaciones, estas 5 mayonesas fueron sometidas a otra evaluación sensorial, con iguales condiciones que el punto anterior a cuyos datos se aplicó un análisis de varianza y un tratamiento de Duncan en los casos requeridos, para seleccionar finalmente las formulaciones de mayor aceptación, que fueron aquellas con las que se trabajó en planta piloto.

Cabe mencionar que en el presente trabajo únicamente se presentan los resultados del tratamiento estadístico aplicado a estas últimas 5 formulaciones.

7.- EXPERIMENTACION EN PLANTA PILOTO EVALUANDO EL EFECTO DE LAS CONDICIONES DE PROCESO.

La elaboración de mayonesas en planta piloto se hizo según la figura 7, utilizando un sistema por lotes, con corridas de 4 Kg de producto para cada una. Aquí, la yema de huevo con los ingredientes secos y una tercera parte de la fase acuosa fué mezclada en una Batidora Hobart Mod C-100, cuyo tazón tiene una capacidad de 10 litros (figura 10). Posteriormente se adicionó la fase oleosa (aceite vegetal comestible con las oleorresinas y/o aceites esenciales de las especias, en los casos donde estas fueron utilizadas), y al término de ésta se añadieron las dos terceras partes restantes de la fase acuosa (agua más vinagre).

La premezcla fué pasada a través de un molino coloidal (figuras 11 y 12), obteniéndose de esta manera el producto

final.

FIGURA 9.- DIAGRAMA DE BLOQUES PARA LA ELABORACION DE
MAYONESAS A NIVEL PLANTA PILOTO

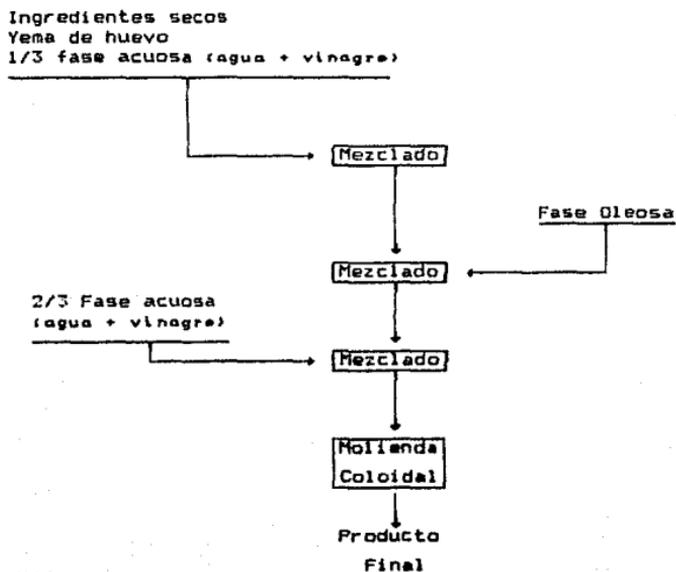
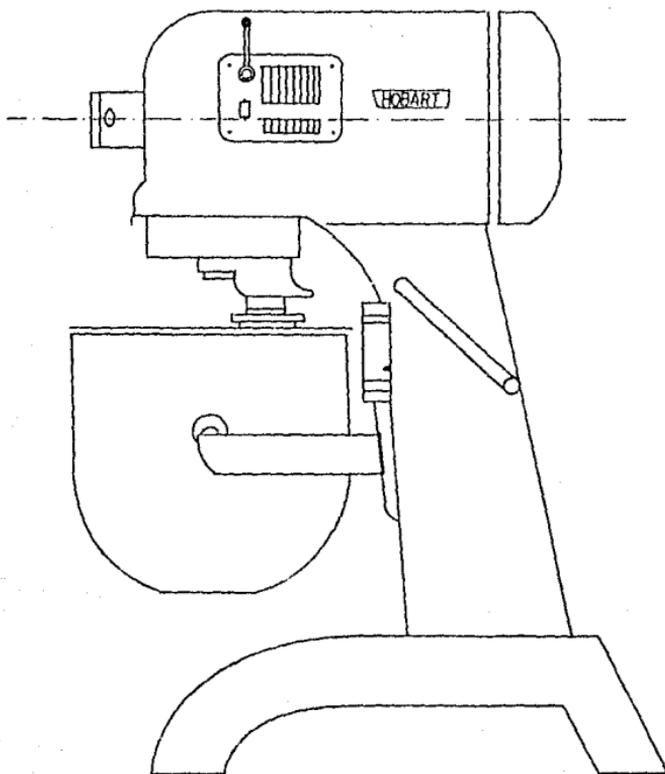


Fig. 10

BATIDORA HOBART MODELO C-100



MOLINO COLOIDAL UTILIZADO EN LA ELABORACION DE MAYONESAS

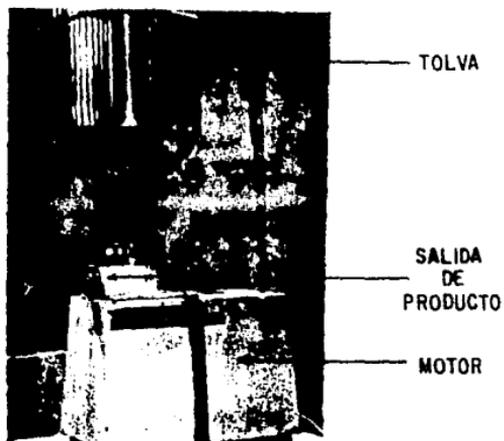


Fig. 12 ELEMENTOS DE MOLTURACION DE MOLINO COLOIDAL



En el proceso de elaboración de la mayonesa los parámetros tales como: Velocidad de adición de la fase oleosa, Velocidad de agitación de la batidora, Apertura del molino coloidal y Temperatura de las fases, son de gran importancia en el tamaño resultante de glóbulo de aceite, que es a su vez el factor que tiene una influencia decisiva sobre la estabilidad y viscosidad de la mayonesa. Estos dos parámetros están íntimamente relacionadas con el sabor y estética del producto. Es por esto, que dichos parámetros fueron objeto de estudio en el presente trabajo, con la finalidad de obtener un producto con las características físicas y organolépticas lo más parecido posible a las que se tienen en una mayonesa comercial.

Los parámetros mencionados fueron evaluados con las siguientes variables de respuesta:

- 1).- Diámetro del glóbulo de aceite
- 2).- Estabilidad (referido a la separación de fases)
- 3).- Viscosidad

Los niveles de variación fueron:

- a).- Apertura relativa del molino coloidal

Apertura 1: 0.5

Apertura 2: 1.5

Apertura 3: 2.0

Apertura 4: 2.5

Parámetros constantes:

Velocidad de agitación: 258 rpm

Velocidad de adición de la fase oleosa: 246.26 ml/min

Temperatura de las fases: 8 °C

- b).- Temperatura de las fases (Grados Centígrados)

Temperatura 1: 8

Temperatura 2: 10

Temperatura 3: 15

Temperatura 4: 23

Temperatura 5: 32

Parámetros constantes:

Apertura relativa del molino coloidal: 1

Velocidad de agitación: 258 rpm

Velocidad de adición de la fase oleosa: 246.26 ml/min

- c).- Velocidad de agitación (rpm)

Velocidad 1: 144

Velocidad 2: 258

Velocidad 3: 450

Parámetros constantes:

Apertura del molino coloidal: 1

Velocidad de adición de la fase oleosa: 246.26 ml/min

Temperatura de las fases: 8 °C

d).- Velocidad de adición de la fase oleosa (ml/min)

Velocidad 1: 170.81

Velocidad 2: 246.26

Velocidad 3: 280.47

Velocidad 4: 421.33

Parámetros constantes

Apertura relativa del molino coloidal: 1

Velocidad de agitación: 258 rpa

Temperatura de las fases: 8 °C

8.- ESTABLECIMIENTO DE LAS CONDICIONES DE PROCESO MAS ADECUADAS

Las condiciones de operación fueron establecidas de acuerdo a las características físicas de las mayonesas experimentales, es decir, aquellas con las que se logró acercar la viscosidad, estabilidad y diámetro del glóbulo de aceite a las características de la mayonesa comercial de mayor aceptación.

9.- ELABORACION DE MAYONESAS A NIVEL PLANTA PILOTO CON LAS FORMULACIONES PROPUESTAS EN LA ETAPA DEL LABORATORIO

Una vez establecida las condiciones de proceso para la elaboración de mayonesas a nivel planta piloto, se procedió a preparar productos con las formulaciones previamente seleccionadas a nivel laboratorio.

Esto se hizo con el objeto de que en la evaluación sensorial, dichas mayonesas presentaran características más acercadas a las que se tienen a nivel industrial.

Cabe mencionar que en base a observaciones realizadas se anexaron 2 formulaciones más, quedando un total de 5 formulaciones, que fueron sometidas a la evaluación sensorial que se describe a continuación.

10.- EVALUACION SENSORIAL A MAYONESAS ELABORADAS EN PLANTA PILOTO

A las mayonesas elaboradas en planta piloto se les aplicó una evaluación sensorial realizada con 20 panelistas semi-entrenados empleando para dicha evaluación una escala hedónica de 7 puntos. Las muestras fueron presentadas a los jueces en forma aislada y codificadas con números aleatorios.

Los jueces calificaron las mismas características que las valoradas en las mayonesas comerciales con la finalidad de establecer una comparación de los productos experimentales con los comerciales.

11.- MAYONESA EXPERIMENTAL SELECCIONADA

A los datos obtenidos se les aplicó un análisis de varianza, con un nivel de confianza del 95 % y un 99 %; en los casos donde se encontró diferencia significativa fué aplicado el tratamiento de Duncan, para seleccionar con esto la formulación de mayor aceptación, tomando en cuenta los promedios más altos y el menor costo en formulación.

12.- CARACTERIZACION FISICO-QUIMICA DE LA FORMULACION FINAL

Para caracterizar al producto experimental de mayor aceptación y para compararlos con la mayonesa comercial seleccionada se efectuaron los mismos análisis físico-químicos que los aplicados a la segunda

13.- COMPETITIVIDAD DE LA MAYONESA EXPERIMENTAL SELECCIONADA

Para la determinación de la competitividad de la formulación experimental seleccionada con la mayonesa comercial de mayor aceptación, ambas fueron comparadas por medio del método estadístico de muestras independientes.

IV. - RESULTADOS Y DISCUSION

1.- EVALUACION SENSORIAL A MAYONESAS COMERCIALES

Se sometieron a una evaluación sensorial 5 mayonesas comerciales con el fin de obtener parámetros de referencia que fueron utilizados en el desarrollo de mayonesas experimentales. Estos productos fueron designados con las letras A, B, C, D, y E.

En estas mayonesas 75 jueces evaluaron características tales como: el sabor, la acidez, el aroma, la sensación grasosa y la textura, ya que dichos parámetros forman parte importante de los caracteres intrínsecos de cada producto.

Considerando que alguna característica tuviera influencia positiva o negativa en la calificación global de los productos calificados, se evaluó grado de gusto y la adquisición de cada una de las muestras.

El análisis de los resultados se realizó mediante un análisis de varianza a un nivel de confianza del 95 %, los resultados se muestran en la tabla 6, en cuanto a la sensación grasosa no existe diferencia significativa en las muestras evaluadas, sin embargo sí se encontró diferencia significativa en cuanto a sabor, acidez, aroma, textura, grado de gusto y la adquisición de los productos calificados.

TABLA 6.- ANALISIS DE VARIANZA PARA EVALUACION SENSORIAL A MAYONESAS COMERCIALES

PARAMETRO	F (calculada)	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
Sabor	15.5145	**
Acidez	8.4929	**
Aroma	7.2164	**
Sensación grasosa	1.6607	ns
Textura	5.8131	**
Grado de gusto	16.2785	**
Adquisición del producto	3.8616	**

Con F₄₇₀⁴ a 95 % = 2.37
99 % = 3.32

ns=no significativo
*=diferencia significativa
**=diferencia altamente significativa

Para determinar cuales muestras eran iguales o diferentes entre sí y cual(es) la(s) de mayor aceptación se procedió a aplicar la prueba de Duncan en aquellos parámetros en donde se encontró diferencia significativa obteniéndose los resultados dados en la tabla 7, donde se muestran valores promedios. Aquí se observa que las muestras B, C y E son las más parecidas entre sí, siendo la C la que presenta más bajos promedios. La muestra A presenta similitud con la B en cuanto a acidez, textura y aroma pero es diferente a todas en sabor, grado de gusto y adquisición del producto.

La muestra D presenta diferencias significativas con respecto a las demás mayonesas comerciales evaluadas y es, además la que tiene mayores valores promedio en sabor, acidez, aroma, textura, grado de gusto y adquisición del producto.

Por otra parte se puede observar que en general, el sabor de los productos es el parámetro que mayor impacto tiene en la aceptación de las mayonesas; así en las muestras B, C y E se tienen los valores más bajos, los que se reflejan directamente en el grado de gusto y adquisición, mientras que en la muestra D se obtuvo un valor promedio más elevado, dando por resultado un incremento en las dos últimas características.

En dicha tabla se puede ver que las mayonesas comerciales evaluadas la de mayor aceptación es la D seguida de la A y posteriormente de B, C y E, las cuales como se menciona anteriormente presentan mucha similitud de acuerdo a las calificaciones obtenidas

Con la finalidad de esclarecer los valores antes obtenidos, se procedió al cálculo de los porcentajes de adquisición de cada muestra ya que aquí se engloba el éxito de un producto comercial, los valores se muestran en la tabla 8, donde se puede observar que la mayonesa designada con la letra D tiene el mayor porcentaje de adquisición, superando a la mayonesa que ocupa el segundo lugar (A) en un 26.31 % y a la que ocupa el último (E) en un 43.16 % como se recordará, tanto la mayonesa A como la D presentan diferencia significativa entre sí y con respecto a las demás evaluadas.

TABLA 7.- PRUEBA DE DUNCAN PARA LA EVALUACION SENSORIAL
A MAYONESAS COMERCIALES

PARAMETRO	MAYONESA COMERCIAL				
	A	B	C	D	E
Sabor	7.72 ^a	7.27 ^a	7.15 ^a	8.48	7.13 ^a
Acidez	7.74 ^a	7.37 ^{ab}	7.23 ^b	8.17	7.31 ^b
Aroma	7.60 ^a	7.37 ^{ab}	7.17 ^b	8.15	7.26 ^{ab}
Textura	8.01 ^a	7.92 ^a	7.76 ^{ab}	8.45	7.56
Grado de gusto	7.66	7.25 ^a	7.05 ^a	8.49	7.00 ^a
Adquisición del producto	7.74	7.00 ^a	6.74 ^a	9.05	6.89 ^a

Donde: "a" significa iguales entre sí
"b" significa iguales entre sí pero diferentes a "a"

TABLA 8.- ADQUISICION DE MAYONESAS COMERCIALES

LO COMPRARIA	PRODUCTO				
	A	B	C	D	E
SÍ (%)	54.74	40.00	34.74	81.05	37.89
No (%)	45.26	60.00	65.26	18.95	62.11

2.- SELECCION DE LA MAYONESA COMERCIAL DE MAYOR ACEPTACION

En base al análisis realizado en el punto anterior, la mayonesa D fué seleccionada para fungir como patrón de referencia en el desarrollo de las mayonesas experimentales, ya que a pesar de que en la sensación grasosa no tuvo diferencia significativa con respecto a las otras muestras, sí presentó mayor aceptación en las demás características evaluadas. Por otra parte esta mayonesa es la predilecta por parte de los consumidores viéndose más favorecida en cuanto al porcentaje de adquisición.

3.- ANALISIS FISICO-QUIMICOS A MAYONESA COMERCIAL SELECCIONADA

Para la obtención de parámetros utilizados en el desarrollo de formulaciones, se realizaron a la muestra D, análisis físico-químicos tales como: acidez total expresada como ácido acético, extracto étereo, índice de peróxidos, pH, pentóxido de fósforo (P₂O₅) y proteínas, mismos que son tomados como

especificaciones en la Norma Oficial Mexicana NOM-F-21-S-1979 (Apéndice 1). Otros análisis realizados fueron la humedad y el perfil de ácidos grasos por cromatografía de gases, esta última, para la determinación del tipo de aceite utilizado en la muestra comercial seleccionada. Dichos resultados son mostrados en las tablas 7 y 10.

El contenido de pentóxido de fósforo se determinó contra una curva patrón de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana para la determinación de P_2O_5 en aderezos para alimentos (30), esta prueba se aplica como una medida del contenido de huevo, el mínimo indicado en la Norma es de 80.4 mg/100 g de producto y corresponde a un 6 % de huevo. Los resultados de estas pruebas se indican en la tabla 7. En dicha tabla se puede observar que la acidez presentada por la mayonesa se encuentra en el límite máximo superior establecido por la Norma, esto es debido a que dicho producto contiene jugo de limones, lo cual proporciona una acidez comparable a la del vinagre.

La cantidad de aceite presente en la muestra D corresponde a una mayonesa de cuerpo pesado según la clasificación hecha por Weiss Theodore (1976) (38), siendo este tipo de mayonesas las de mayor aceptación entre los consumidores.

El índice de peróxidos se encuentra muy por debajo del límite máximo establecido en la Norma de Calidad para ser consumido, este dato indica que la grasa no ha sido deteriorada ya sea por enzimas o por condiciones ambientales que provocan la generación de peróxidos.

El pH se encuentra dentro de los límites fijados; este parámetro es importante ya que una variación de este puede afectar la estabilidad de la emulsión.

El pentóxido de fósforo reportado corresponde a un 6.44 % de yema de huevo contenido en la mayonesa comercial seleccionada, la cual está arriba de 6 % que debe contener de acuerdo a las especificaciones.

Las proteínas, además de ser nutrientes primarios para el ser humano, contribuyen de manera muy importante a la estabilidad de la emulsión y su valor para el producto en cuestión cumple con las especificaciones citadas por Norma.

TABLA 9 .- ANALISIS FISICO-QUIMICOS DE MAYONESA COMERCIAL SELECCIONADA

ANALISIS	MAYONESA D	ESPECIFICACIONES NOM-F-21-S-1979	
		Mínimo	Máximo
Acidez total como ácido acético (%)	0.50	0.25	0.90
Extracto etéreo (%)	81.40	87.00	
Humedad (%)	14.24		
Índice de peróxidos (meq/kg)	1.20		20.00
pH	3.87	3.40	4.00
Pentóxido de fósforo (mg/100 g)	86.31	80.40	
Proteínas	1.63	1.00	

La composición de ácidos grasos por cromatografía de gases, se determinó a la mayonesa comercial seleccionada (D) y a una muestra conocida de aceite de soya; los componentes se compararon con una tabla de referencia que muestra la composición típica de ácidos grasos (11) mostrando los resultados de la tabla 10, donde se puede observar que el aceite contenido en la muestra D proviene de soya, ya que los valores obtenidos caen dentro de los rangos asignados para esta oleaginosa, las variaciones entre los datos de las muestras pueden ser debidas a diferencias entre las variedades de la soya.

Para la obtención de parámetros utilizados en las condiciones de operación a nivel planta piloto se determinó a la mayonesa comercial designada con la letra D, el diámetro del glóbulo de aceite, la estabilidad como separación de fases y la viscosidad, ya que estos se verán reflejados en las características físicas y organolépticas del producto terminado. Esta mayonesa tiene un diámetro de glóbulo de aceite que se encuentra entre 2.50 y 2.84 micras el porcentaje de separación de aceite es de 1.86 a 2.26 y tiene una viscosidad aparente de 50,586 a 53,351 cp a un nivel de confianza del 99% como se muestra en la tabla 11.

**TABLA 10.- COMPOSICION DE ACIDOS GRASOS DE MAYONESA
COMERCIAL SELECCIONADA**

ACIDOS GRASOS	ACEITE DE SOYA ¹	ACEITE CONOCIDO DE SOYA (%)	MAYONESA D (%)
Mirístico	<0.5	0.060	0.088
Palmitico	7.0-14.0	10.186	11.192
Palmitoleico	<0.5	-	-
Estearico	1.4- 5.5.	3.854	3.305
Oleico	19.0-30.0	21.876	28.231
Linoleico	44.0-62.0	55.303	51.007
Linolénico	4.0-11.0	8.293	6.177
Araquidónico	<1.0		
Gadoleico	<1.0		
Behénico	<0.5		

FUENTE 1: EGAN, H., KIRK, S. "ANALISIS QUIMICO DE
ALIMENTOS DE PEARSON" (14).

**TABLA 11.- ANALISIS FISICOS DE MAYONESA COMERCIAL
DE MAYOR ACEPTACION.**

ANALISIS	MAYONESA D
Diámetro de glóbulo (micras)	2.50-2.84
Estabilidad (% separación de aceite)	1.86-2.26
Viscosidad (cp)	50,586.00-55,351.00

INTERVALO DE CONFIANZA = 99 %

4.- EXPERIMENTACION A NIVEL LABORATORIO CON LAS FORMULACIONES ALTERNATIVAS A MAYONESA COMERCIAL SELECCIONADA

Para la experimentación a nivel laboratorio con formulaciones alternativas a la mayonesa comercial seleccionada, se procedió en primera instancia, a variar las condiciones de operación con el objeto de elegir las mejores condiciones de elaboración de mayonesas para luego proceder a la variación de la formulación en las muestras experimentales. Así, se trabajó con una formulación base, utilizando para su elaboración una batidora Hobart Mod N- 50 , encontrándose limitantes para la evaluación de los parámetros de caracterización antes mencionados. Debido a que no se contaba con el equipo necesario para estas

determinaciones. Para las evaluaciones, las muestras fueron transportadas a otro sitio, lo cual fué perjudicial para estas ya que por el manejo y vibración a que eran sometidas por el transporte y a que la mayoría de las muestras no estaban completamente emulsionadas, se favorecía la separación de fases, resultando esto en datos no muy claros y poco objetivos, por lo cual, se decidió evaluar estas muestras cualitativamente y no cuantitativamente.

De esta manera, se procedió a preparar emulsiones variando el orden de adición de las fases, esto es, se agregó la fase oleosa a la acuosa que contenía el agente emulsificante y viceversa, encontrándose que cuando se agregaba la fase acuosa a la oleosa se presentaba una inversión de fases, es decir se formaba una emulsión agua en aceite (W/O), este fenómeno es debido a que la yema de huevo es un emulsificante de bajo poder hidrofílico. Por lo que para los experimentos subsiguientes las emulsiones se prepararon agregando la fase oleosa a la acuosa.

Una vez establecido el orden de adición de las fases, se varió el orden de adición de la fase acuosa (en el entendido de que una tercera parte de esta se adicionó siempre con el emulsificante), de la siguiente manera: a) Al fin de la adición del aceite y b) simultáneamente con el aceite pero en corrientes separadas. En este experimento aparentemente se obtuvo una emulsión con mayor consistencia cuando se agregó las dos terceras partes de la fase acuosa al término de la adición del aceite.

Una vez establecido el orden de adición de las fases se trabajó con dos tipos de impulsores aditamentos de la batidora utilizada: De paletas y de globo, obteniéndose mayores consistencias de las emulsiones con el impulsor de paletas, debido a que este ejerce un mayor esfuerzo cortante en el producto manejado, por lo que se eligió utilizar este tipo de impulsor para los siguientes experimentos.

Por otra parte se trabajó con 3 velocidades de agitación, obteniéndose una mayor emulsificación con la más alta velocidad que alcanza la batidora utilizada, debido a que esta ejerce una mayor acción de corte la cual tiende a reducir el tamaño de glóbulos de aceite, lográndose así una emulsión más estable, por

lo que la velocidad elegida para los siguientes experimentos fué 591 rpm.

Cuando se varió la velocidad de adición del aceite, se logró una mejor emulsificación con 40 ml/min, que fué la menor de 5 velocidades trabajadas, ya que con velocidades de adición más bajas se logra un mejor efecto del mezclado lo cual facilita la reducción en el tamaño de glóbulo de aceite dando una mayor estabilidad y consistencia del producto.

Por último se trató de variar la velocidad de adición del aceite, es decir, agregarlo de una manera lenta al principio y aumentar gradualmente su velocidad, pero esto no se logró debido a la falta de instrumentos de control de mayor precisión por lo que se optó por trabajar con velocidades constantes de adición de la fase oleosa.

En la tabla 12 se muestran las condiciones de operación utilizadas para las variaciones en la formulación de mayonesas experimentales elaboradas a nivel laboratorio. Cabe mencionar que con estas condiciones se tenía todavía una emulsificación incompleta del aceite en la fase acuosa, por la falta del paso de la muestra a través de un molino coloidal que permitiera reducir aun más el tamaño del glóbulo de aceite. Esto se reflejó en una emulsión de apariencia oleosa y de baja estabilidad, con lo cual existió una separación de fases a los pocos días de haber sido preparadas las emulsiones.

Con las condiciones de operación mostradas en la tabla 12 se procedió a elaborar mayonesas cuyas formulaciones fueron hechas tomando en cuenta el análisis bromatológico de la mayonesa comercial de mayor aceptación, datos bibliográficos, recomendaciones de proveedores, así como evaluaciones sensoriales, las cuales se mencionan a continuación.

TABLA 12.- CONDICIONES DE OPERACION PARA ELABORACION DE MAYONESAS A NIVEL LABORATORIO

PARAMETRO	CONDICION
ORDEN DE ADICION DE LAS FASES	FASE INTERNA A LA FASE EXTERNA CON EL AGENTE EMULSIFICANTE
ORDEN DE ADICION DE LAS 2/3 PARTES DE FASE EXTERNA	AL TERMINO DE LA ADICION DE LA FASE INTERNA
TIPO DE IMPULSOR	PALETAS
VELOCIDAD DE AGITACION	591 RPM
VELOCIDAD DE ADICION DE LA FASE INTERNA	40 ml/mín

5.- EVALUACION SENSORIAL A MAYONESAS ELABORADAS A NIVEL LABORATORIO

Se realizó una evaluación sensorial a mayonesas elaboradas en laboratorio con la finalidad de llevar el menor número de formulaciones a planta piloto debido a que manejar todas las muestras resultaba de un alto costo, ya que los lotes en planta piloto fueron de 4 kg.

Como se mencionó en el punto 4 del presente capítulo, las muestras elaboradas a nivel laboratorio poseían poca estabilidad por la falta de un molino coloidal que redujera más el diámetro de glóbulo de aceite, por lo que en la evaluación sensorial de esta fase se calificó únicamente grado de gusto, debido a que en las muestras predominaba la sensación grasosa lo que enmascaraba características tales como sabor, acidez y aroma, con lo que se tenía un riesgo de tener un sesgo en las calificaciones para estos parámetros. Por otra parte la sensación grasosa y la textura aún distaban de las que caracterizan a la mayonesa comercial de mayor seleccionada.

Dicha evaluación se realizó conforme se explica en el cuadro metodológico (Capítulo III puntos 5 y 6), quedando finalmente 5 de 25 formulaciones. Los ingredientes básicos para la elaboración de las mayonesas se muestran en la tabla 5 (Capítulo III punto 4), donde se utilizaron diversos condimentos y concentraciones de éstos. El análisis de varianza de las 5

mayonesas finales se muestra en la tabla 13 de donde se puede observar que las muestras evaluadas presentan diferencias altamente significativas.

TABLA 13.- ANALISIS DE VARIANZA PARA MAYONESAS ELABORADAS A NIVEL LABORATORIO

PARAMETRO	F calculada	DIFERENCIA
		SIGNIFICATIVA
Grado de gusto	5.8459	**

Con F_{95}^4 a 95 % = 2.48 ** = diferencias altamente significativas
 99 % = 3.57

Para determinar cuales muestras presentaban diferencias con respecto a las demás se aplicó la prueba de Duncan, obteniéndose los valores promedios que se muestran en la tabla 14, donde se observa que las muestras F, G y H son iguales entre si y diferentes a I y a J.

TABLA 14.- PRUEBA DE DUNCAN PARA EVALUACION SENSORIAL A MAYONESAS ELABORADAS A NIVEL LABORATORIO

PARAMETRO	MAYONESA EXPERIMENTAL				
	F	G	H	I	J
Grado de gusto	7.88 ^a	7.68 ^a	7.32 ^a	6.41 ^b	6.32 ^b

8.- SELECCION DE FORMULACIONES DE MAYONESAS ELABORADAS A NIVEL LABORATORIO

En base a la prueba de Duncan aplicada a las mayonesas experimentales elaboradas a nivel laboratorio, se seleccionaron las codificadas con las letras F, G y H, ya que estas mayonesas aparte de tener diferencias significativas con respecto a H y a I, presentaron mayor aceptación, reflejándose esto en los valores promedios más altos.

Cabe mencionar que para efectos de la evaluación de las condiciones de operación a nivel planta piloto se tomó como base la formulación codificada con la letra F, ya que de acuerdo al análisis realizado en el punto anterior, aunque esta muestra no presentó diferencias significativas con respecto a G y a H

obtuvo el promedio más elevado.

7.- EXPERIMENTACION A NIVEL PLANTA PILOTO EVALUANDO EL EFECTO EN LAS CONDICIONES DE OPERACION

En la experimentación a nivel planta piloto para la evaluación del efecto en las condiciones de operación, se procedió a elaborar mayonesas donde se utilizó para la obtención de las premezclas, una batidora Hobart Mod C-100 (fig. 10) y un molino coloidal Probst and Class (figs. 11 y 12) para el logro de una completa emulsificación. Aquí se prepararon lotes de 4 kg de producto, tomando como formulación base la designada con la letra F, en cuya elaboración se tomaron como parámetros constantes el orden de adición de las fases y el tipo de impulsor de acuerdo a los antecedentes del trabajo realizado a nivel laboratorio, esto se esquematiza en el diagrama de bloques (figura 9).

7.a.- EFECTOS DE LA APERTURA DEL MOLINO COLOIDAL EN LA ELABORACION DE MAYONESAS

Para la evaluación del efecto de la apertura, se utilizó un molino coloidal, en donde el fluido corre entre el rotor y el estator de este, la distancia entre ambos (apertura) se controla por medio de una manivela graduada de ajuste que se manipula desde el exterior. En este equipo, las graduaciones de la manivela no tienen dimensiones y dado que no se cuenta con el manual propio del molino coloidal, se trabajó con aperturas relativas, siendo estas 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0

Los resultados obtenidos en la gráfica 1, indican que al disminuir la distancia entre el rotor y el estator del molino coloidal (AR), el diámetro del glóbulo de aceite (D) y la separación de fases (SF) decrecen, presentando las siguientes ecuaciones: $e^D = (D)(AR)^m$ y $e^{SF} = (b)(AR)^m$ respectivamente.

La viscosidad aparente de la emulsión (VA), aumenta al disminuir la apertura, siguiendo la ecuación: $VA = 1/(mAR + b)$

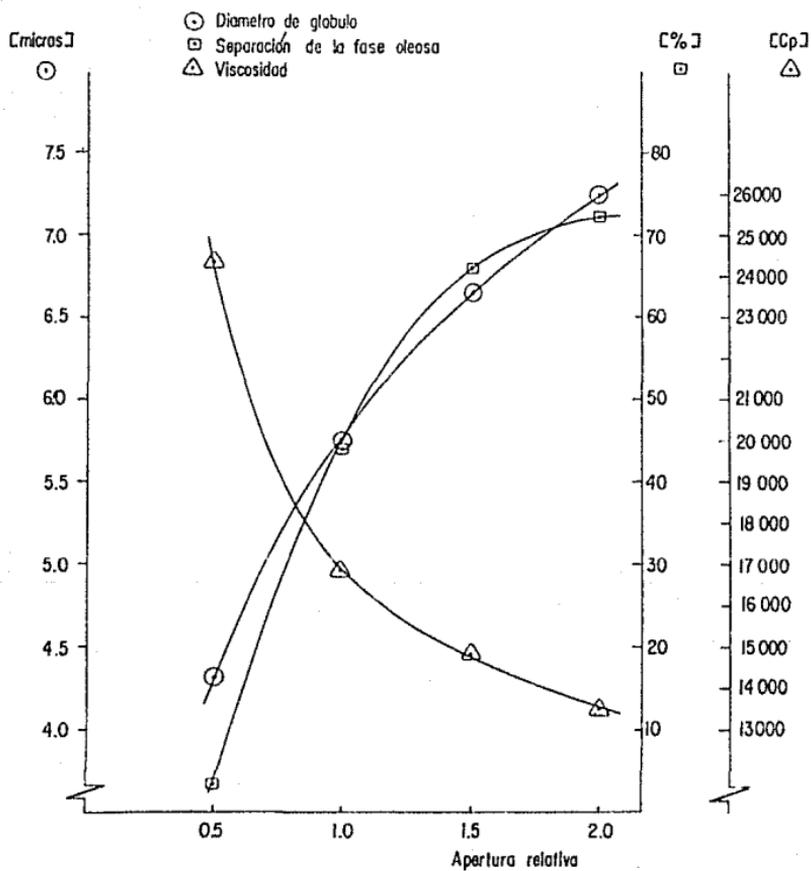
Lo anterior es debido a que al disminuir la distancia entre el rotor y el estator, aumenta la fuerza de cizalla lo que provoca una disminución en el tamaño del glóbulo de aceite propiciado con esto una mayor estabilidad y viscosidad

aparente en la emulsión.

Cabe hacer notar que la apertura de 0.5 dió por resultado un producto con mejores características que en las otras variaciones, sin embargo no se tomó esta apertura debido a que la premezcla pasaba con dificultad por el molino lo que provocaba pequeñas secciones de ruptura en la emulsión

Para evitar este problema se hizo necesario el uso de la apertura de 1.0 para la variación de las condiciones de operación

GRAFICA I- APERTURA DEL MOLINO COLOIDAL



7.b.- EFECTOS DE LA TEMPERATURA EN LA ELABORACION
DE MAYONESAS

En los experimentos realizados para evaluar el efecto de la temperatura sobre la emulsión, se procedió a llevar las fases a las temperaturas de 8, 10, 15, 23 y 32 °C.

Durante la operación de mezclado se observó una elevación considerable de temperaturas de las premezclas con respecto a las correspondientes temperaturas iniciales de las fases, debido al efecto mecánico de agitación y al gradiente de temperaturas entre las fases y el medio ambiente, estas variaciones son mostrados en la tabla 15

En la molienda coloidal se dió un incremento en la temperatura de 1 °C de los productos finales con respecto a la premezcla. Sin embargo se esperaba una mayor gradiente de temperaturas entre la premezcla y el producto final (Gray y Maier, citado por Weiss Theodore, 1976) (36). El aumento de temperaturas durante la molienda puede considerarse despreciable no obstante que el molino coloidal no cuenta con sistemas de enfriamiento, esto es debido a que los tiempos de residencia de la premezcla en el molino son cortos ya que el uso de este equipo se aplicó a lotes de 4 kg.

TABLA 15.- VARIACION DE TEMPERATURAS DURANTE LA
ELABORACION DE MAYONESAS

TEMPERATURA INICIAL DE LAS FASES (°C)	TEMPERATURA DE LA PREMEZCLA (°C)	TEMPERATURA DEL PRODUCTO FINAL (°C)
8	17	19
10	19	20
15	19	20
23	20	21
32	25	25

En la gráfica 2 se observa que al aumentar la temperatura (T), el diámetro del glóbulo (D) se incrementa de acuerdo a la ecuación: $D = (b)(m^T)$; la separación de las fases (SF) lo hace según la ecuación: $e^{SF} = (b)(T^m)$ mientras que la viscosidad aparente (VA) sufre un decremento, teniendo una relación

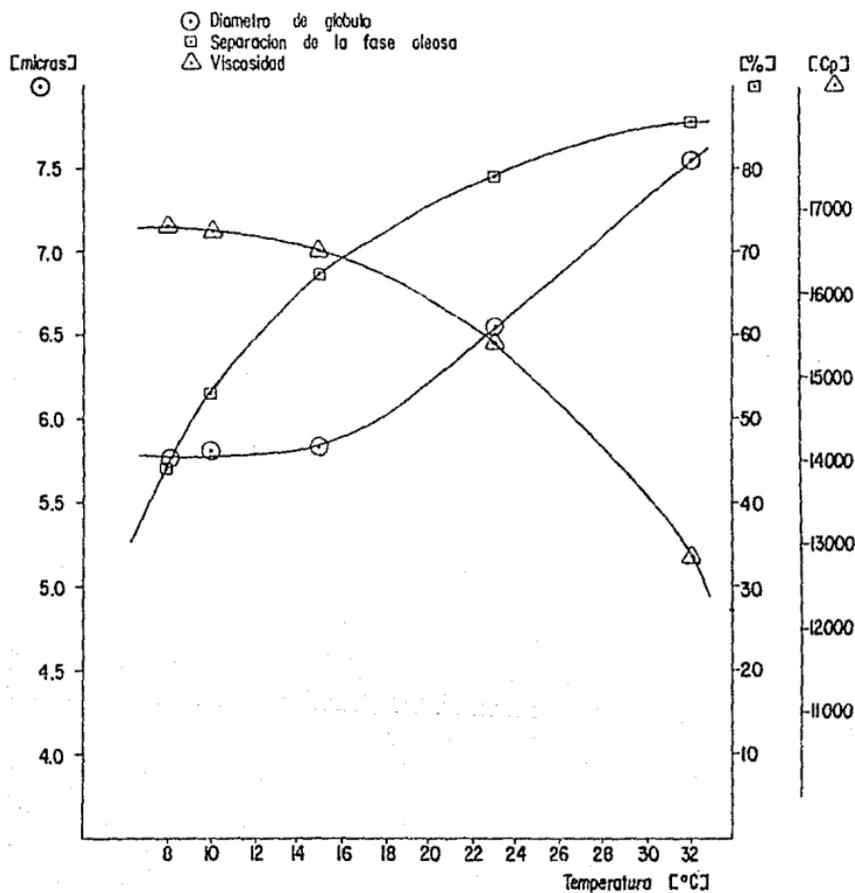
inversamente proporcional con el aumento de la temperatura, por lo que sigue la ecuación: $VA = 1/(mT + b)$.

Estos comportamientos son debidos a que a bajas temperaturas se favorece la formación de puentes de hidrógeno, lo que trae consigo un aumento en la hidratación de la proteína y por tanto una mayor estabilidad y viscosidad de la emulsión.

A temperaturas de 8, 10 y 15 °C no existe un cambio drástico del diámetro del glóbulo ni de la viscosidad aparente, estas variaciones empiezan a ser más notables a temperaturas mayores como se observa en la gráfica 2 en el punto correspondiente a 23°C, mientras que la estabilidad de la emulsión decrece a medida que se incrementa la temperatura inicial de las fases.

En este caso se obtuvo una emulsión con mejores características cuando se trabajó con temperaturas iniciales de las fases de 8 °C.

GRAFICA 2- TEMPERATURA INICIAL DE LA FASE OLEOSA



7.c. - EFECTOS DE LA VARIACION DE AGITACION EN LA
ELABORACION DE MAYONESAS

En los experimentos realizados para la evaluación del efecto de la velocidad de agitación en las características del producto final, se trabajó con 144, 258 y 450 rpm, velocidades con que cuenta la batidora utilizada para la preparación de la premezcla. En la velocidad correspondiente a 450 rpm, la premezcla tendía a salirse del tazón, perdiéndose durante la preparación de estas, cantidades apreciables del agente emulsificante en un principio y finalmente material emulsionado, por lo que no se tuvo una tendencia definida del efecto de esta variable con respecto al producto final.

Teóricamente se puede decir que, hasta cierto límite, a mayor velocidad de agitación existe una mayor reducción del glóbulo de aceite debido al aumento de la acción de corte, lo que trae consigo una mayor estabilidad y viscosidad aparente de la emulsión, lo cual se vé reflejado en los puntos correspondientes a 144 y 258 rpm de la tabla 16, donde se observan mejores características de la emulsión a 258 rpm

TABLA 16. - EFECTO DE LA VELOCIDAD DE AGITACION EN LA
ELABORACION DE MAYONESAS

VELOCIDAD DE AGITACION	DIAMETRO DEL GLOBULO DE ACEITE (micras)	ESTABILIDAD (% DE SEPARACION DE ACEITES)	VISCOSIDAD APARENTE (CP)
144	8.87	32.81	19,576.32
258	4.48	7.54	22,776.97

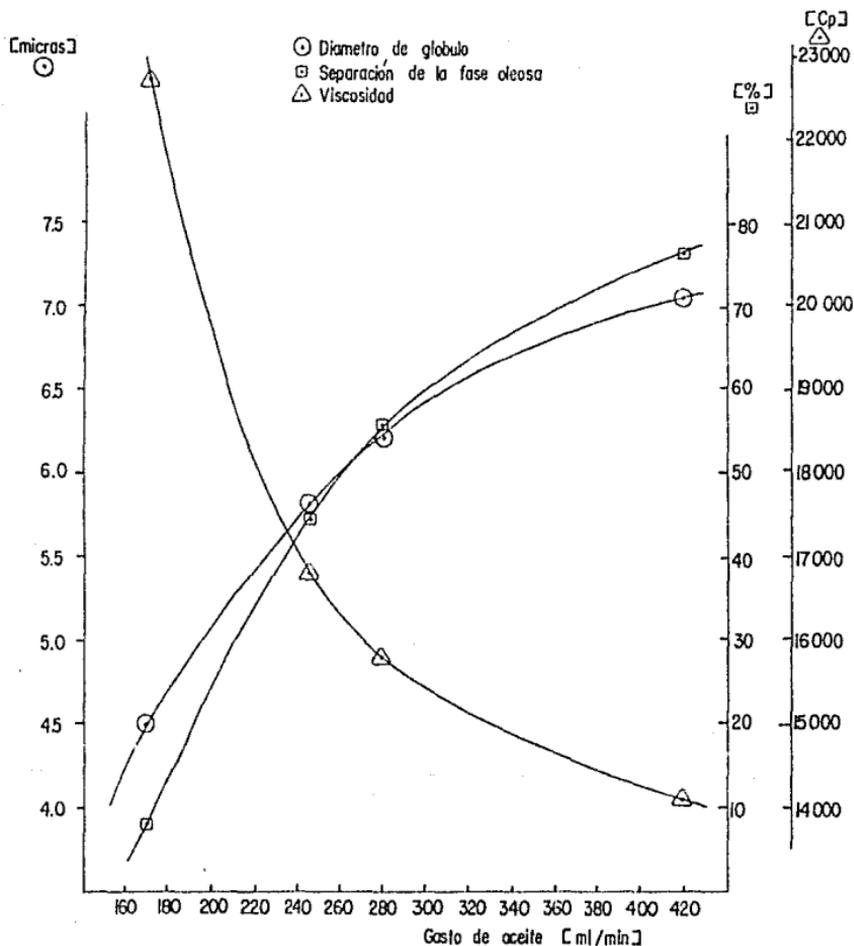
7.d. - EFECTOS DE LA VELOCIDAD DE ADICION DE LA FASE OLEOSA
EN LA ELABORACION DE MAYONESAS

Se trabajó con velocidades de adición de la fase oleosa con gastos de 170.81, 246.26, 280.47, 421.33 ml/min. La gráfica 3 indica que al aumentar los gastos (G), los glóbulos de aceite (D) obtenidos y la separación de fases (SF) aumentan siguiendo las ecuaciones: $e^D = (b)(G^m)$ y $e^{SF} = ..(b)(G^m)$ respectivamente, mientras que la viscosidad aparente (VA), decrece según la ecuación: $VA = 1/(mG + b)$, esto es debido a que al aumentar los

gastos. la operación de mezclado se hace inadecuada, teniéndose glóbulos de aceite más grandes, por otra parte, el impulsor no logra dispersar homogéneamente los glóbulos de aceite dentro de la fase acuosa, lo que hace que las gotas coalezcan provocándose una menor estabilidad y viscosidad aparente de la emulsión.

El gasto con el cual se obtuvo una emulsión con mejores características fué el correspondiente a 170.81 ml/min

GRAFICA 3- VELOCIDAD DE ADICION DE LA FASE OLEOSA



8. - ESTABLECIMIENTO DE LAS CONDICIONES DE PROCESO MAS APROPIADAS

Las condiciones de operación seleccionadas para la elaboración de mayonesas con diversas formulaciones se muestran en la tabla 17. Dichas condiciones fueron elegidas ya que con estas se obtuvo un producto con mejores características, es decir, un menor diámetro del glóbulo de aceite, mayor estabilidad así como también mayor viscosidad aparente.

TABLA 17. -CONDICIONES DE OPERACION PARA ELABORACION DE MAYONESAS A NIVEL PLANTA PILOTO

PARAMETRO	CONDICION
Apertura relativa del molino coloidal	1.00
Velocidad de agitación (rpm)	258.00
Gasto de fase oleosa (ml/min)	246.26
Temperatura inicial de fases	8.00

9. - ELABORACION DE MAYONESAS A NIVEL PLANTA PILOTO CON LAS FORMULACIONES PROPUESTAS A NIVEL LABORATORIO

Una vez establecidas las condiciones de operación, se procedió a elaborar mayonesas a nivel planta piloto con las formulaciones F, G y H, las cuales tuvieron mayor aceptación en la etapa experimental a nivel laboratorio. A partir de estas formulaciones y en base a observaciones realizadas, se hicieron ligeras modificaciones en cuanto a la concentración de condimentos dando como resultado la obtención de 5 formulaciones diferentes cuya evaluación sensorial es tratada en el punto siguiente.

10. - EVALUACION SENSORIAL A MAYONESAS ELABORADAS A NIVEL PLANTA PILOTO

Se sometieron a una evaluación sensorial las 5 formulaciones de mayonesas elaboradas a nivel planta piloto en lotes de 4 kg. con las condiciones de operación mostradas en la tabla 17. En estas muestras se evaluaron los mismos parámetros que para las

mayonesas comerciales, dando como resultado de acuerdo al análisis de varianza aplicado que las muestras presentan diferencia altamente significativa en las características de grado de gusto y adquisición del producto y diferencias significativas en cuanto a sabor y acidez sin embargo resultaron estadísticamente iguales en cuanto a aroma, sensación grasosa y textura, como se muestra en la tabla 18. Las diferencias son debidas a los diversos condimentos así como a la variación en las concentraciones de estos, aunque esto no tuvo influencia en el aroma.

Para la elaboración de las muestras se utilizaron condiciones de operación constantes por lo que no se dieron cambios en el diámetro de glóbulo ni en la viscosidad aparente de la emulsión, esto se vió reflejado en la evaluación de sensación grasosa y textura ya que estas no presentaron diferencias significativas (Tabla 18)

TABLA 18. - ANALISIS DE VARIANZA PARA EVALUACION SENSORIAL
A MAYONESAS ELABORADAS EN PLANTA PILOTO

PARAMETRO	DIFERENCIA	
	Fcalculada	SIGNIFICATIVA
Sabor	3.2083	*
Acidez	2.5004	*
Aroma	1.4815	ns
Sensación grasosa	0.4501	ns
Textura	0.0532	ns
Grado de gusto	3.8956	**
Adquisición del producto	3.8616	**

Con F_{95}^4 a 05 % = 2.48
 00 % = 3.57

ns=no significativo
 * = diferencia significativa
 ** = diferencia altamente significativa

Según la prueba de Duncan aplicada en aquellas características donde hubo diferencia significativa, se encontró que las muestras F y H son estadísticamente iguales, así como las muestras G y K; mientras que la muestra L presentó similitud tanto con las muestras F y H como con G y con K. Por otra parte se puede observar que la muestra que obtuvo menor promedio es

la H, mientras que la que presentó el promedio más elevado fué la K, como se muestra en la tabla 19.

TABLA 19.- PRUEBA DE DUNCAN PARA LA EVALUACION SENSORIAL.
A MAYONESAS ELABORADAS EN PLANTA PILOTO

PARAMETRO	MAYONESA EXPERIMENTAL				
	F	G	H	K	L
Sabor	7.25 ^b	8.25 ^a	7.15 ^b	8.25 ^a	7.90 ^{ab}
Acidez	7.40 ^b	8.05 ^{ab}	7.25 ^b	8.25 ^a	7.85 ^{ab}
Grado de gusto	7.30 ^b	8.30 ^a	7.30 ^b	8.35 ^a	7.95 ^{ab}
Adquisición del producto	7.25 ^b	9.00 ^a	7.00 ^b	9.25 ^a	8.25 ^{ab}

DONDE: "a" significa iguales entre sí
"b" significa iguales entre sí pero diferentes a "a"

El porcentaje de adquisición de las mayonesas experimentales se calculó, debido a que como se ha mencionado anteriormente, este parámetro dá un índice del éxito que en determinado momento podría obtener un producto. Así, los datos que arrojan la tabla 20 muestran que la formulación K tiene el mayor porcentaje de adquisición, superando en 5 % a la G y en un 20 % a la L; muestras con las cuales no tuvo diferencia significativa. Por otra parte, supera a la mayonesa de menor porcentaje de adquisición (H) en un 45 %.

TABLA 20.- PORCENTAJE DE ADQUISICION DE MAYONESAS ELABORADAS
EN PLANTA PILOTO

LO COMPRARIA	PRODUCTO				
	F	G	H	K	L
SI (%)	45.0	90.0	40.0	95.0	65.0
No (%)	55.0	20.0	60.0	15.0	35.0

11. - MAYONESA EXPERIMENTAL SELECCIONADA

Debido a que la mayonesa codificada con la letra K tiene el mayor promedio en sus características y el mayor porcentaje de adquisición, además del menor costo en su formulación, dicha muestra fué seleccionada para la comparación con la mayonesa comercial.

La formulación de la mayonesa experimental es mostrada en la tabla 21.

TABLA 21.- FORMULACION EXPERIMENTAL SELECCIONADA

COMPONENTE	%
Aceite de soya	80.0
Yema de huevo	8.0
Sal	1.0
Azúcar	1.0
Vinagre (4%) y limón	5.2
Agua	6.4
Condimentos	0.4

12.- CARACTERIZACION FISICO-QUIMICA A MAYONESA EXPERIMENTAL SELECCIONADA

Se procedió a evaluar bromatológicamente a la mayonesa experimental seleccionada, realizando las mismas pruebas que a la mayonesa comercial de mayor aceptación para tener un buen marco de referencia, encontrándose que existe una similitud muy importante entre la mayonesa experimental y la comercial seleccionadas como se muestra en la tabla 22. No obstante, el valor de acidez, aunque está dentro del intervalo de especificaciones, es bajo comparado con la mayonesa comercial, lo que en determinado momento se podría corregir aumentando la concentración del vinagre y/o jugo de limón.

La cantidad de aceite contenido en la formulación corresponde a una mayonesa de cuerpo pesado, igual que la muestra comercial D.

Para esta formulación se utilizó 80 % de aceite (Ver tabla 21) no obstante, el valor arrojado por la tabla es mayor debido a que para su elaboración se utilizaron ingredientes tales como yema de huevo y condimentos, los cuales contribuyen aproximadamente en 2.1 % de lípidos en la formulación.

El índice de peróxido, igual que la mayonesa comercial seleccionada, es muy inferior al máximo permitido por Norma, lo cual es un índice de que el aceite utilizado para su elaboración es de buena calidad.

El valor de pentóxido de fósforo está dentro de especificaciones y corresponde a un 8.23 % de yema de huevo. Cabe mencionar que en la formulación se utilizaron condimentos los que contienen fósforo, razón por la cual se ve incrementado el valor de P_2O_5 , ya que la muestra realmente contiene 6 % de yema de huevo (ver tabla 21).

El contenido de proteínas está dentro del mínimo permitido por la Norma Oficial Mexicana; este valor es menor al correspondiente a la mayonesa comercial seleccionada y esto puede ser debido a que el producto experimental contiene un menor porcentaje de yema de huevo.

TABLA 22. - ANALISIS FISICO-QUIMICO DE MAYONESA EXPERIMENTAL SELECCIONADA

ANALISIS	MAYONESA	MAYONESA
	EXPERIMENTAL	COMERCIAL
	K	D
Acidez (%)	0.31	0.50
Extracto étereo (%)	82.03	81.40
Humedad (%)	14.21	14.24
Índice de peróxidos (meq/kg)	1.0	1.20
pH	3.78	3.87
Pentóxido de fósforo (mg/100 g producto)	83.54	85.31
Proteínas	1.19	1.63

De acuerdo al cromatograma realizado al aceite utilizado en la elaboración de mayonesas, se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla 23; donde el perfil de ácidos grasos obtenidos corresponde a un aceite proveniente de soya (Ver Tabla 10).

La variación en el contenido de ácidos grasos de la mayonesa experimental, la mayonesa comercial y el aceite conocido de soya se deben posiblemente a diferencias en las variedades de la oleaginosa.

La mayonesa experimental seleccionada (K) mostró una buena estabilidad a la separación de fases aunque presentó una variación con respecto a la mayonesa comercial de mayor aceptación del 37.4 % en el diámetro del glóbulo de aceite y del 54.28 % en la viscosidad aparente como se muestra en la tabla 24. A pesar de que la diferencia es más marcada en la viscosidad aparente, se puede decir que esta característica se encuentra en un nivel aceptable dado que la mayonesa comercial que ocupa el segundo lugar en la preferencia de los consumidores (A) tuvo una viscosidad aparente de 19,050 cp que es menor a la que corresponde a la mayonesa experimental seleccionada (24,230 cp).

Debido a que en la evaluación sensorial a mayonesas comerciales se mostró una preferencia por mayonesas de mayor consistencia (Tabla 8) se considera que se puede reducir la diferencia de los parámetros físicos obtenidos con el manejo de menores gastos en la adición de la fase oleosa y/o con menores aperturas del molino coloidal, las muestras presentaron dificultad en el paso a través de este, lo cual aumentó el tiempo de residencia durante la molienda por lo que la frecuencia de la acción de cizalla reducía el glóbulo de aceite de tal manera que provocó ruptura en algunas secciones de la emulsión, por lo que se considera que el uso de una bomba reduciría tiempos de residencia, facilitando así el manejo de premezclas más espesas o menores aperturas del molino coloidal, lo cual daría emulsiones con mejores características, es decir, mayor estabilidad y viscosidad aparente y menor diámetro de glóbulo de aceite

TABLA 23. - COMPOSICION DE ACIDOS GRASOS DE MAYONESA
EXPERIMENTAL SELECCIONADA

ACIDOS GRASOS	MAYONESA	MAYONESA
	EXPERIMENTAL	COMERCIAL
	K	D
Mirístico	-	0.088
Palmitico	10.356	11.192
Palmitoleico	-	-
Estearico	3.642	3.308
Oleico	23.399	28.231
Linoleico	54.741	51.007
Linolénico	7.861	6.177

TABLA 24. - ANALISIS FISICOS DE MAYONESA EXPERIMENTAL
SELECCIONADA

ANALISIS	MAYONESA	MAYONESA
	EXPERIMENTAL	COMERCIAL
	K	D
Diámetro de glóbulo de aceite (micras)	3.74 - 4.86	2.50 - 2.84
Estabilidad (separación de fases) (%)	3.28 - 3.59	1.86 - 2.28
Viscosidad (cp)	23266 - 25103	50686 - 55350

INTERVALO DE CONFIANZA = 99 %

13. - COMPETITIVIDAD DE LA MAYONESA EXPERIMENTAL SELECCIONADA

Con la finalidad de determinar la competitividad de la mayonesa experimental seleccionada (K) con respecto a la mayonesa comercial de mayor aceptación (D), se aplicó la prueba estadística de muestras independientes a un nivel de confianza del 95 % en la característica de adquisición ya que en este parámetro se ve reflejada la aceptación de los productos.

La tabla 25 indica que no existen diferencias significativas entre los dos productos seleccionados, con lo que queda demostrado que la formulación experimental es competitiva con

las mayonesas comerciales

TABLA 25. - PRUEBA DE MUESTRAS INDEPENDIENTES PARA MAYONESAS
EXPERIMENTAL Y COMERCIAL SELECCIONADA

t CALCULADA	t TABLAS
0.412	1.082

NIVEL DE CONFIANZA = 95 %

VII.- CONCLUSIONES

Como conclusiones se obtuvieron las siguientes:

- La mayonesa experimental seleccionada para fines comparativos con la mayonesa comercial de mayor aceptación (D), es la codificada con la letra K. Esta muestra experimental obtuvo las más altas calificaciones en las características evaluadas y el mayor porcentaje de adquisición, además de tener menor costo en la formulación. La composición de la muestra experimental es presentada en la siguiente tabla; este resultado es muy similar a la que presenta la mayonesa comercial seleccionada

Aceite de soya	80.0 %
Yema de huevo fresco	6.0 %
Sal	1.0 %
Azúcar	1.0 %
Vinagre (4 %) y limón	5.2 %
Agua	6.4 %
Condimentos	0.4 %

Las condiciones de operación a nivel planta piloto con las cuales se obtuvo un producto con mejores características son:

- a). - Adición de fase interna a fase externa.
- b). - Adición de 1/3 de fase externa (acuosa) a agente emulsificante.
- c). - Adición de 2/3 de fase acuosa al término de la adición de la fase oleosa.
- d). - Impulsor de paletas.
- e). - Apertura relativa del molino coloidal = 0.5.
- f). - Velocidad de agitación = 2580 rpm.
- g). - Velocidad de adición de la fase oleosa = 246.26 ml/min.
- h). - Temperatura inicial de las fases = 8 °C.

- En el proceso de elaboración de mayonesas a nivel planta

piloto la apertura del molino coloidal (AR) sigue las ecuaciones $\sigma^D = (b)(AR)^m$ y $\sigma^{SF} = (b)(AR)^m$ respectivamente con el diámetro del glóbulo de aceite (D) y la estabilidad de la emulsión(SF), mientras que con la viscosidad (V) lo hace según la ecuación $V = 1/(b + MAR)$, lográndose mejores características del producto con menores aperturas relativas del rotor y estator del molino coloidal

- Las temperaturas de las fases (T) obedece a la ecuación $D = (b)(T^m)$ con respecto al diámetro del glóbulo de aceite (D), la ecuación $\sigma^{SF} = (b)(T^m)$ con respecto a la estabilidad de la emulsión (SF) y la ecuación $V = 1/(cT + b)$ con respecto a la viscosidad (V). Las emulsiones con mejores características físicas se logran con el manejo de menores temperaturas.

- La velocidad de adición de la fase oleosa (G) sigue la ecuación $\sigma^D = (b)(G^m)$ y $\sigma^{SF} = (b)(G^m)$ respectivamente con el diámetro de glóbulo de aceite (D) y estabilidad de la emulsión (SF), mientras que con la viscosidad lo hace obedeciendo la ecuación $V = 1/(cG + b)$. Los menores gastos de aceite lograron productos con menor diámetro de glóbulo de aceite así como una mayor estabilidad y viscosidad aparente.

- Las características físicas del producto elaborado con la tecnología propuesta son aceptables ya que la estabilidad es similar a la de la mayonesa comercial seleccionada y aunque existe una diferencia notable en la viscosidad aparente, esta resultó ser mayor que la del producto que ocupa el segundo lugar en la preferencia de los consumidores. No obstante la viscosidad aparente puede ser mejorada manejando premezclas más espesas y/o menores aperturas del molino coloidal con el uso auxiliar de una bomba para reducir tiempos de residencia y evitar rupturas de la emulsión.

- La formulación experimental seleccionada y la tecnología propuesta para la elaboración de mayonesas pueden ser competitivas con el producto comercial de mayor aceptación

previo estudio de factibilidad económico.

- Las tendencias presentadas en el comportamiento de la mayonesa durante su elaboración con las condiciones de operación evaluadas podrán servir en el diseño de una planta a nivel industrial aún cuando se utilicen equipos con diseños diferentes.

VIII.- RECOMENDACIONES

- Para la elaboración de mayonesas a nivel planta piloto e industrial se recomienda el uso de chaquetas de enfriamiento en tanques de premezclas así como en molinos coloidales (cuando la utilización sea constante), debido a que una elevación de temperaturas es adversa al producto afectando de una manera notable la estabilidad de la emulsión.

- Para disminución de tiempos de residencia en molinos coloidales con premezclas más espesas y/o con menores aperturas del molino se recomienda el uso de bombas, lo cual daría emulsiones con mejores características físicas y disminuiría la posibilidad de rupturas en la emulsión.

- Se recomienda la caracterización de premezclas para correcciones en el proceso y predicción de características de productos finales, así como también la caracterización de producto final para la posterior extrapolación de datos para el diseño del proceso de elaboración de mayonesas a nivel industrial.

- En la elaboración de mayonesas a nivel planta piloto e industrial se recomienda el uso de sistemas de control para garantizar lotes de mayonesa con características físicas y organolépticas iguales.

- Realizar un estudio de factibilidad económica para evaluar la rentabilidad del proceso de elaboración de mayonesas a nivel industrial.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- AOAC. (1980). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. William Horwitz Editor. Thirteenth edition. Washinton, D. C.
- 2.- Asociación Nacional de la Industria de los Aceites, Mantecas y Grasas. (1990). Estadísticas. México.
- 3.- Ayres, G. H. (1970). ''Análisis Químico Cuantitativo''. Ed Harla. México. pag 304-310.
- 4.- Badul, D. S. (1984). ''Química de los Alimentos''. Ed. Alhambra. México. pag 105-205.
- 5.- Becher, P. (1972). ''Emulsiones Teoría y Práctica''. Ed. Blume. Madrid, España. pag 52-80.
- 6.- Canavos, G. C. (1987). ''Probabilidad y Estadística, Aplicaciones y Métodos''. Ed. Mc Graw-Hill. México. pag 401-435 y 572-589.
- 7.- Charley, H. (1988). ''Preparación de Alimentos''. Ediciones Orientación. México. pag 305-335.
- 8.- DeMan, J. M. (1978). ''Principles of Food Chemistry''. Ed. AVI. Westport, Connecticut. pag 275-310.
- 9.- DeMan, J. M. (1977). ''Rheology and Texture in Food Quality''. Ed. AVI. Westport, Connecticut. pag 28-79.
- 10.- Dickinson, E., Stansby, G. (1982). ''Colloid in Food''. Applied Science Publisher. New York, USA. pag 285-407.
- 11.- Egan, H., Kirk, S. R., Sawyer R. (1987) ''Análisis Químico de Alimentos de Pearson''. Ed. CECSA. México. pag 273-294.
- 12.- Fennema, O. R. (1982) ''Introducción a la Ciencia de los Alimentos''. Ed. Reverté. España. pag 629-670.
- 13.- Fryma. (1988) ''La Elaboración de Mostaza y mantequilla de mani''. Alimentos procesados. 7 (1): 30-35
- 14.- Fryma. ''Instalación para fabricar Salsas, Mayonesas y Ketchup'' (Catálogo).
- 15.- Fryma. ''The structure and Manufacture of Mayonnaise and Emulsified Sauces'' (Catálogo).
- 16.- Harrison, L. J. and Cunningham, F. E. (1985) ''Factor influencing the Quality of Mayonnaise: A Review'' Journal

- of Food Quality. 8: 1-20
17. - Hart, F. L. and Fisher H. J. (1971) "Análisis moderno de los Alimentos". Ed. Acribia. España. pag 343-367.
 18. - ICONSA. (1988). Archivo de Control de Producción. México.
 19. - ICONSA. (1988). Manual de Especificaciones. México.
 20. - ICONSA. (1988). Manual de procedimientos Analíticos. México.
 21. - Kilgore, L. B. (1935) "Egg Yolkes 'Makes' Mayonnaise" Correct Applications of the Principles of Emulsion also Governs Quality of Product. Food Industries. 7 (5): 219-230.
 22. - Kiosseoglu, V. D. (1983) "Influence of Egg Yolk Lipoproteins on the Rheology and Stability of O/W Emulsions and Mayonnaise". Journal of Texture Studies. 14: 397-417.
 23. - Lissant, K. J. (1974) "Emulsion and Emulsion Technology". Ed. AVI. Westport, Connecticut. pag 249-289.
 24. - López, A. (1981) "A Complete Course in Canning". Book II Processing Procedures for Canned Food Products. Canning Trade Inc. Baltimore Maryland, USA. Eleventh Edition. pag 330-395.
 25. - Mackey, A. C. y Flores de M. T. (1984) "Evaluación Sensorial de los Alimentos". Ediciones CIEPE. Venezuela. pag 58-68.
 26. - McDermott, R. L., Harper, W. J. and Whitley. (1981) R. "A centrifugal method for characterization of Salad Dressing Emulsions". Food Technology. 35 (5): 81-87.
 27. - Mehlenbacher, V. C. (1979) "Análisis de Grasas y Aceites". Ed. URMO S. A. España.
 28. - Miller, I., Freund, J. E. (1986). "Probabilidad y Estadística para Ingenieros" Ed. Prentice-Hall Hispanoamericana S. A. México. pag 252-265, 298-317 y 364-388.
 29. - National Sunflower Association. (1988) "Mayonnaise and Salad Dressing with Sunflower Oil". Edited by Karl M. Schmidt. Bismark, North Dakota, USA.
 30. - Norma Oficial Mexicana. (1980). NOM-F-344-S-1980. "Aderezos para Alimentos. Determinación de Pentóxido de Fósforo (P₂O₅)". Dirección General de Normas. México.

- 31.- Norma Oficial Mexicana (1979). NOM-F-21-S-1979. "Mayonesa". Dirección General de Normas. México.
- 32.- Pritchard, R. A. (1978). "Mayonnaise and Salad Dressing". Published by National Sunflower Association. USA.
- 33.- The R. T. French Company. (1989). "Mustard Flour". Rochester, New York.
- 34.- Tiu, C., Boger, D. (1974). "Complete Rheological Characterization of Time Dependent Food Product" Journal of Texture Studies. 5: 329-338.
- 35.- Villar, G. E. (1963). "Coloides". Impresora Ligo S. A. Montevideo, Uruguay. pag 103-118.
- 36.- Voutsinas, L. P., Cheung, E. (1983). "Relationships of Hidrofobidity to Emulsifying Properties of Heat Denatured Proteins" Journal of Food Science. 48: 1-20.
- 37.- Weiss, T. J. (1976). "The Oils and their Uses". Ed. AVI. Westport, Connecticut. pag 145-162.
- 38.- Winton, A. L. y Winton, K. B. (1971). "Análisis de Alimentos". Ed. Acribia. España. pag 577-860.

APENDICES

APENDICE 1. - NORMA OFICIAL MEXICANA. MAYONESA. NOM-F-21-S-1979.

En la elaboración de esta norma participaron los siguientes organismos:

- ANDERSON CLAYTON AND C. O., S. A.
- KRAFT FOOD DE MEXICO, S. A.
- HERDEZ, S. A.
- PRODUCTOS DE MAIZ, S. A.
- SECRETARIA DE SALUBRIDAD Y ASISTENCIA. DIRECCION GENERAL DE CONTROL DE ALIMENTOS, BEBIDAS Y MEDICAMENTOS.

INTRODUCCION

La mayonesa es un producto alimenticio emulsificado utilizado para aderezar los alimentos e impartirles un sabor agradable.

Las especificaciones que se señalan a continuación sólo podrán satisfacerse cuando en la fabricación del producto se utilicen materias primas e ingredientes de buena calidad sanitaria y se elaboren en locales e instalaciones bajo condiciones higiénicas que cumplan con el Código Sanitario y sus Reglamentos y demás disposiciones de la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

1.- OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION

Esta Norma Oficial establece las especificaciones que debe cumplir el producto denominado mayonesa.

2.- REFERENCIAS

Para el desarrollo del muestreo y la verificación de las especificaciones que se establecen en esta Norma se deben aplicar las siguientes Normas Oficiales vigentes.

- NOM-F-88 Determinación de proteínas. . . .
- NOM-F-89 Determinación de extracto etéreo.
- NOM-F-154 Determinación del índice de peróxido en aceites y

- grasas vegetales o animales
- NOM-F-317 Determinación de pH en alimentos.
- NOM-F-253 Cuenta de bacterias mesofílicas aerobias.
- NOM-F-254 Cuenta de organismos coliformes.
- NOM-F-255 Cuenta de hongos y levaduras.
- NOM-F-304 Método general de investigación de Salmonella en alimentos.
- NOM-F-308 Cuenta de organismos coliformes fecales.
- NOM-F-310 Cuenta de Staphylococcus aureus: coagulasa positiva.
- NOM-F-102 Productos elaborados a partir de frutas y hortalizas. Determinación de la acidez titulable.
- NOM-F-344 Aderezos para alimentos. Determinación de Pentóxido de Fósforo (P₂O₅).
- NOM-R-18 Muestreo para la inspección por atributos.

3. - DEFINICIONES

Para los efectos de esta Norma se entiende por Mayonesa el producto alimenticio obtenido por la emulsión cremosa que se obtiene con aceites vegetales comestibles, yema de huevo líquida o su equivalente en cualquiera de sus formas (Véase A. 3), vinagre, adicionado o no de jugo de limón, sal, edulcorantes nutritivos (Véase A. 1), acidulantes permitidos, mostaza, paprika u otras especies o extractos esenciales de las mismas con excepción de azafrán y cúrcuma.

El contenido de aceite vegetal comestible no será menor al 65 % en peso y de yema de huevo líquida de 6 % o su equivalente en yema de huevo deshidratada, o su equivalente de huevo entero líquido o deshidratado.

4. - CLASIFICACION

El producto objeto de esta Norma se clasifica en un sólo tipo con un sólo grado de calidad.

5. - ESPECIFICACIONES

La mayonesa, objeto de esta Norma debe cumplir con las siguientes especificaciones:

5.1. - FISICO-QUIMICAS

ESPECIFICACIONES	MÍNIMO	MÁXIMO
Extracto etéreo (en peso %)	67.0	
Proteínas %	1.0	
P ₂ O ₅ (por 100 g de producto)	80.4 mg	
Acidez total como ácido acético %	0.25	0.50
pH	3.4	4.0
Índice de peróxido (meq/kg)		20.0

5.2. - MICROBIOLÓGICAS

MICROORGANISMO	MÁXIMO
Mesófilos aerobios	3,000 col/g
Grupo coliforme	10 col/g
Hongos	20 col/g
Levaduras	50 col/g
Salmonella en 25 g	Negativa
E. Coli en 1 g	Negativa
Staphylococcus aureus en 1 g	Negativa

5.3. - SENSORIALES

Aspecto	Nasa homogénea cremosa
Color	Amarillento característico del producto
Olor	Característico del producto y libre de rancidez
Sabor	Característico del producto y libre de rancidez

5.4. - ADITIVOS ALIMENTARIOS PERMITIDOS EN LOS LÍMITES APROBADOS POR LA SECRETARÍA DE SALUBRIDAD Y ASISTENCIA

ADITIVO	MÁXIMO
EDTA (etilendiamintetracetato)	75 ppm
Oxistearina	0.125 %
Glutamato monosódico	0.200 %

6. - MUESTREO

6.1. - El muestreo se establece de común acuerdo entre fabricante y comprador a falta de este acuerdo se recomienda el siguiente

método de muestreo para la aceptación de lotes del producto objeto de esta Norma, siguiendo las prescripciones indicadas en la Norma NOM-R-18 vigente (Véase 2), considerando para ello los siguientes parámetros:

Nivel de Inspección General II

Nivel de Calidad Aceptable 4 %

6.2.- Criterio de aceptación. Si el número de unidades defectuosas es igual o menor al número de aceptación, se acepta el lote.

Si el número de unidades defectuosas es igual o mayor al número de rechazo, el lote se rechaza.

6.3.- La toma de muestras del producto para fines de control sanitario se debe llevar a cabo por inspector sanitario autorizado y podrá ser del producto, de la materia prima utilizada, de las sustancias que directa o indirectamente estén en contacto con el mismo durante su elaboración, manipulación, mezcla, acondicionamiento, envase, almacenamiento, preparación, expendio, o suministro al público y se aplicará el sistema de muestreo que la Secretaría de Salubridad y Asistencia tiene establecido, así como los métodos de prueba que sean necesarios para su control.

7.- METODO DE PRUEBA

Para la verificación de las especificaciones físicas, químicas y microbiológicas que se establecen en esta Norma se deben aplicar las Normas Oficiales Mexicanas que se indican en el capítulo de referencia (Véase 2).

7.1.- Para la determinación del Índice de Peróxido en Mayonesa se debe seguir la Norma de referencia correspondiente (Véase 2) previa separación de la grasa de la emulsión utilizando el siguiente solvente: éter etílico.

8.- MARCADO, ETIQUETADO, ENVASE Y EMBALAJE

8.1.- Cada envase del producto debe llevar una etiqueta o impresión permanente visible e indeleble con los siguientes datos:

Nombre o denominación del producto.

Nombre o marca comercial registrada o símbolo del fabricante.
El texto de contenido neto seguido de la cantidad correspondiente expresada en gramos o kilogramos o con su abreviatura oficial g o kg.

Nombre y domicilio del fabricante.

Lista de ingredientes completa en orden de proporción decreciente.

La leyenda "HECHO EN MEXICO".

Número de registro y texto de las siglas Reg. S.S.A. No. ____
"A" y demás datos del reglamento respectivo o disposiciones de la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

B.2.- Envase y embalaje. El producto objeto de esta Norma puede envasarse directamente o bajo atmósfera de nitrógeno o bióxido de carbono, en recipientes que eviten la contaminación, no alteren su calidad ni sus características sensoriales.

APENDICE A

- A.1.- Se podrán agregar los siguientes edulcorantes nutritivos: sacarosa, dextrosa, jarabe de maíz, jarabe de glucosa o miel de abeja, y las especias y condimentos adecuados.
- A.2.- El producto terminado a fin de asegurar su conservación debe someterse a un proceso adecuado.
- A.3.- No deben usarse sustitutos de huevo.
- A.4.- Se prohíbe el uso de espesantes.

APENDICE B

B.1.- Las Normas NOM que se mencionan en esta Norma corresponden a las D.G.N de la misma letra y número.

APENDICE 2. - METODOS DE ANALISIS

2.1. - ESTABILIDAD REFERIDA A LA SEPARACION DE FASES

Pesar 2 g de azul de metileno y disolverlo en 100 ml de etanol previamente preparado al 21 %.

Preparar rojo de metilo al 2 % en etanol al 70 % : acetona, en relación 1 : 1.

Pesar 1 g de muestra en un vidrio de reloj y adicionar 5 microlitros de cada colorante; mezclar.

Llenar los tubos de micro-hematocrito y sellarlos por uno de los lados. Colocar los tubos en una centrifuga de micro-hematocrito. Centrifugar por un tiempo de 30 minutos. Leer la cantidad de aceite separado y expresarlo en porcentaje.

2.2. - DIAMETRO DEL GLOBULO DE ACEITE

Tomar una muestra a 2.5 cm aproximadamente del frasco con una espátula. Colocar la muestra en un portaobjetos y extenderla uniformemente. Colocar el cubreobjetos y sobre este, una gota de aceite de inmersión; examinar al microscopio.

Poner el microscopio con la combinación adecuada de ocular, ocular micrométrico y objetivo. Enfocar adecuadamente.

Tomar la medida de 12 a 15 glóbulos a lo largo de la escala en intervalos de 45 ° realizando la misma operación de tal forma que se obtengan 50 lecturas de este campo. Enfocar otros 3 campos y obtener un total de 200 mediciones. Calcular el promedio.

2.3. - COMPOSICION DE ACIDOS GRASOS POR CROMATOGRAFIA DE GASES

Añadir cuidadosamente 2.0 g de ácido sulfúrico concentrado a 125 ml de mezcla benceno:metanol absoluto (1:3).

Pesar 1.0 g de grasa en un matraz erlenmeyer y disolver con 60 ml de agua ácida. Insertar a un condensador y poner a reflujo durante 2.5 horas. Enfriar y transferir a un embudo de separación de 250 ml, añadir 100 ml de agua.

Extraer con dos porciones de 50 ml de éter de petróleo

redestilado (30 - 60 °C) y lavar con porciones de 20 ml. de agua destilada hasta neutralizar (rojo de metilo).

Secar con sulfato de sodio anhidro y evaporar los solventes. Tapar y conservar en refrigeración bajo atmósfera inerte si no se utilizara inmediatamente.

Cuando la fase móvil fluya a través de las columnas del cromatógrafo, ajustar la temperatura de operación. Medir el flujo de gas con un medidor de flujo de burbujas de jabón.

Mantener el flujo de gas constante durante el análisis.

Medir la muestra del éster metílico con una jeringa Insertar la aguja en la entrada para muestra, descargar rápidamente y retirar.

Identificar los picos por los tiempos de retención relativa y comparar con una mezcla conocida, corrida en la misma columna y bajo las mismas condiciones.

El área de cada pico y el porcentaje de cada componente son medidos por un integrador electrónico.

2.4. - PENTOXIDO DE FOSFORO

Reactivos:

Disolver 20 g de molibdato de amonio en 400 ml de agua caliente (50 °C) y enfriar. Disolver 1 g de vanadato de amonio en 300 ml de agua destilada hirviendo, enfriar y adicionar gradualmente y con agitación 140 ml de ácido nítrico concentrado, entonces agregar la solución de molibdato gradualmente a la solución de vanadato, agitando y diluir a 1 litro con agua.

Preparar una solución que contenga 3.834 g de fosfato de dihidrógeno y potasio (KH_2PO_4) por litro. Diluir 25 ml a 250 ml lo que equivale a 1 ml = 0.2 mg de P_2O_5 .

Curva de comparación:

A una serie de matraces volumétricos de 100 ml adicionar 0, 2.5, 5.0, 10, 20, 30, 40, y 50 ml de solución de fosfato de dihidrógeno y potasio y diluir cada uno a un volumen de 50 a 60 ml con agua. Agregar una gota de solución de hidróxido de amonio ($d = 0.88$) y llevarlo justamente a ácido con ácido nítrico 1:2. Agregar 25 ml de reactivo de vanado-molibdato, diluir hasta la

marca y mezclar. Dejar reposar 10 min y medir la densidad óptica en celdas de 1 cm a 470 nm. Trazar una curva de absorción contra concentración de P_2O_5 .

Procedimiento:

Vertir de 1 a 2 g de muestra en una cápsula o crisol de porcelana, humedecerla con unos mililitros de $Mg(NO_3)_2$ evaporar y después llevar a cenizas a $550^\circ C$.

Solubilizar las cenizas con 10 ml de HCl 5 N, hervir, enfriar y pasar a un matraz aforado de 100 ml con ayuda de unos mililitros de agua, si todas las cenizas no se solubilizaron filtrar para pasar al matraz aforado.

Neutralizar agregando amoníaco gota a gota. El volumen de la solución después de la neutralización será de 50 a 60 ml.

Acidificar ligeramente con HNO_3 diluido 1:2, adicionar 25 ml de reactivo de vanadato-molibdato, diluir hasta la marca de un matraz volumétrico, mezclar y después de 10 min leer a 470 nm y comparar con la curva patrón.

Calcular el porcentaje de P_2O_5 con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de } P_2O_5 = (L \times 4 \times 100) / m$$

En donde:

L = lectura de la curva de P_2O_5 en g

m = masa de la muestra en g.

2.5. - VISCOSIDAD APARENTE

La viscosidad aparente fué medida en un Viscosímetro Brookfield RVT con el aditamento Helipath y la aguja T-Bar C a una velocidad de 10 rpm durante 15 minutos, tomando lecturas cada minuto. Se reporta el intervalo de viscosidades aparentes a un nivel de confianza del 99 %

APENDICE 3. - EQUIPO UTILIZADO. ESPECIFICACIONES

III.1. - BATIDORA

MARCA	HOBART
MODELO	C-100
SERIE No	11-340-280
ML	17684
VOLTS	115
HP	1/4
RPM	1725

III.2. - MOLINO COLOIDAL

MARCA	PROBST AND CLASS RUSTATT BADEN
No. FABRICACION	81012
VOLTS	Δ - 220
N	2.2 KW
n	3450 RPM
LAUFERKL-HS-5	
I	8.7 Δ
3 Ps Cos ϕ	0.84
f	60.0 Hz
150 K - KLF	
IP	44.0