



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**“EFECTO DE LA YEMA DE HUEVO LIOFILIZADO COMO AGENTE
EMULSIFICANTE SOBRE LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS
Y SENSORIALES DE LA MAYONESA.”**

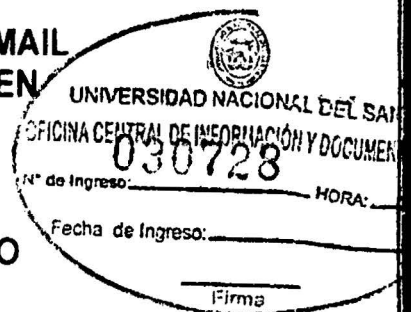
**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

AUTORES:

**Bach. GUTIERREZ MEDINA ZAIL ISMAIL
Bach. LUERA QUIÑONES SUNY CHEN**

ASESORA:

Dra. LUZ MARÍA PAUCAR MENACHO



**NUEVO CHIMBOTE - PERÚ
2015**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL



HOJA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

El presente trabajo de tesis titulado “**Efecto de la Yema de Huevo Liofilizado como Agente Emulsificante sobre las Propiedades Reológicas y Sensoriales de la Mayonesa**” ha contado con el asesoramiento de la Dra. Luz María Paucar Menacho, de quien deja constancia de su aprobación. Por tal motivo, firmo el presente trabajo en calidad de Asesor. Designado por RESOLUCION DECANATURAL N° 704-2013-UNS-FI

Dra. Luz María Paucar Menacho
ASESORA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL



HOJA DE CONFORMIDAD DEL JURADO

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERIA
AGROINDUSTRIAL

**“Efecto de la Yema de Huevo Liofilizado como Agente Emulsificante
sobre las Propiedades Reológicas y Sensoriales de la Mayonesa.”**

TESISTAS

Bach. Zail Ismail Gutierrez Medina

Bach. Suny Chen Luera Quiñones

Revisado y aprobado el día 22 de Mayo del 2015 por el siguiente jurado evaluador,
designado mediante Resolución Decanatural N° 146-15-UNS-CFI



M. Sc. Saúl Ensebio Lara
Presidente



Dra. Luz María Paucar Menacho
Secretario



Ms. Daniel Sánchez Vaca
Integrante

DEDICATORIA

A Dios, que diariamente me da la vida y la fortaleza para seguir adelante en la lucha por un mejor porvenir.

A mis queridos padres, Raúl y Margarita y tío: Javier, que con sus sabios consejos y esfuerzo saben apoyarme en todo momento hasta el final del camino emprendido en mi desarrollo como profesional y persona de bien

A mis hermanas y hermano, Dios los bendiga y los guarde siempre.

Sunny

AGRADECIMIENTO

A nuestro Dios porque siempre estuvo con nosotros, el amor y confianza en el nos dio las ganas de salir adelante cada día.

A todas y cada una de las personas que colaboraron para la realización de esta Tesis:

A nuestra asesora la Dr. Luz Paucar Menacho, por entregarme las herramientas para desarrollarme académicamente durante mi carrera, por su confianza en mi trabajo, y por su interés y consejos entregados para mi futura formación profesional y personal.

A nuestros amigos: Jhon Gonzales, Lenin Palacios, Soledad Quezada por su desinteresado pero gran apoyo en todo nuestro paso por la universidad,

A los jueces del panel de evaluación sensorial.

A los buenos catedráticos de la E.A.P. de Ingeniería Agroindustrial que nos ayudaron a despertar el lado investigativo que todo buen UNIVERSITARIO debe desarrollar como parte de su vida profesional.

INDICE

I. INTRODUCCION.....	13
1.1 OBJETIVOS.....	15
1.1.1 Objetivo General.....	15
1.1.2 Objetivo Especifico	15
II. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	16
2.1 Emulsión.....	16
2.1.1 Principales componentes de las emulsiones.....	18
2.1.2 Emulsionantes.....	19
2.1.3 Surfactante.....	21
2.1.4 Balance Hidrofílico – Lipofílico	23
2.1.5 Tipos de Emulsiones.....	23
2.1.6 Determinación Experimental del Tipo de Emulsión.....	25
2.1.7 Regla de Bancroft (1915).....	27
2.1.8 Tipos de Emulsiones según el Tamaño de los Glóbulos	27
2.1.9 Componentes de una emulsión Medical o Cosmética.....	28
2.1.10 Ceras Autoemulsionables.....	29
2.1.11 Inestabilidad de las Emulsiones.....	31
2.1.12 Cremado y Sedimentación.....	31
2.1.13 Floculación	32
2.1.14 Coalescencia	32
2.1.15 Ensayos de Estabilidad de Emulsiones.....	34
2.1.16 Preparación de Emulsiones.....	36
2.2 Mayonesa	38
2.3 Liofilización.....	47
2.4 Yema de Huevo Liofilizado	48
2.5 Reología	51
2.5.1 El tensor esfuerzo	52
2.5.2 Tensor deformación y tensor velocidad de deformación.....	54
2.5.3 Caracterización reológica de un material	55
2.5.4 Cizalla simple.....	55
2.5.5 Clasificación de los distintos comportamientos reológicos	57
2.5.6 Materiales Tiempo-Dependientes.....	64
2.5.7 Comportamiento Reológico De Fluidos.....	64
2.5.8 Reología de Mayonesas	65

2.6	Características organolépticas de la mayonesa	67
2.6.1	Evaluación Sensorial:	67
2.6.2	Pruebas analíticas utilizadas en la evaluación sensorial.	68
2.6.3	Percepción y atributos sensoriales.	71
2.7	Usos de la mayonesa	74
2.7.1	Adorno culinario en los alimentos.	75
2.7.2	Producto de belleza.	75
2.7.3	Alrededor de la casa.	76
III.	MATERIALES Y METODOS	78
3.1	Lugar de Ejecución	78
3.2	Materia Prima, Materiales de Laboratorio, Equipos y Reactivos.	78
3.2.1	Materia prima	78
3.2.2	Reactivos	79
3.2.3	Materiales de vidrio	79
3.2.4	Otros materiales	79
3.2.5	Equipos	79
3.3	Metodología	82
3.3.1	Tipo de investigación:	82
3.4	Planteamiento Experimental.	82
3.4.1	Hipótesis	82
3.4.2	Variables	82
3.5	Diseño Experimental y Análisis Estadístico	83
3.5.1	Diseño experimental	83
3.5.2	Análisis Estadístico	84
3.6	Método de Análisis	86
3.6.1	Análisis Físicoquímicos	86
3.6.2	Análisis Reológico	89
3.6.3	Análisis sensorial	89
3.6.4	Análisis Estadístico	90
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	91
4.1	Características físicoquímicas de la yema de huevo liofilizado.	91
4.2	Color de mayonesas Formuladas y Comerciales.	94
4.3	pH de Mayonesas Formuladas y comerciales	95
4.4	Análisis Reológico	96
4.5	Análisis Estadístico para el Comportamiento Reológico	101

4.5.1	Resumen Estadístico - Viscosidad (μ)	101
4.5.2	Resumen Estadístico - Índice de Consistencia (K)	103
4.5.3	Resumen Estadístico - Índice de comportamiento de flujo (Π)	104
4.6	Análisis Estadístico - Sensorial.....	106
4.6.1	Resumen Estadístico – Análisis sensorial de Aceptabilidad	107
4.6.2	Resumen Estadístico – Análisis sensorial para el Olor.....	108
4.6.3	Resumen Estadístico – Análisis sensorial para el color	109
4.6.4	Resumen Estadístico – Análisis sensorial para la viscosidad.....	110
V.	CONCLUSIONES.....	112
VI.	RECOMENDACIONES.....	113
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	114
VIII.	ANEXO	121

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Tamaños De los Glóbulos en una Emulsión	28
Tabla N° 2: HLB Requerido, según Griffin.....	29
Tabla N° 3: HLB Requerido, según Griffin, para la fase oleosa de una emulsión O/W30	
Tabla N° 4: Composición Final de la Emulsión.....	31
Tabla N° 5: Actividad de agua y microorganismos	51
Tabla N° 6: ANOVA para la viscosidad (μ).....	101
Tabla N° 7: Pruebas de Múltiple Rangos para la viscosidad (μ).....	102
Tabla N° 8: ANOVA para el índice de consistencia (K)	103
Tabla N° 9: Pruebas de Múltiple Rangos para el índice de consistencia (K)	103
Tabla N° 10: ANOVA para el índice de comportamiento de flujo (Γ).....	104
Tabla N° 11: Pruebas de Múltiple Rangos para el índice de comportamiento de flujo (Γ).....	105
Tabla N° 12: ANOVA para la aceptabilidad.....	107
Tabla N° 13: Pruebas de Múltiple Rangos para la aceptabilidad.....	107
Tabla N° 14: ANOVA para el olor.....	108
Tabla N° 15: Pruebas de Múltiple Rangos para el olor.....	109
Tabla N° 16: ANOVA para el color.....	109
Tabla N° 17: ANOVA para la viscosidad	110
Tabla N° 18: Pruebas de Múltiples Rangos para la viscosidad.....	111

INDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1: COMPONENTES NUTRICIONALES DE LAMAYONESA (DATOS POR RACIÓN PESO NETO: 72,40 g)	42
Cuadro N° 2: TIPOS DE MINERALES ENCONTRADOS EN LA MAYONESA (72,40 g)	42
Cuadro N° 3: COMPOSICION ALIMENTARIA DE ACIDOS GRASOS EN LA MAYONESA (72,40 g)	43
Cuadro N° 4: COMPOSICION DE AMINOACIDOS (72,40 g. DE MAYONESA)	44
Cuadro N° 5: CANTIDAD DE VITAMINAS PRESENTE EN 72,40 g. DE MAYONESA	44
Cuadro N° 6: CANTIDAD DE HIDRATOS DE CARBONO SIMPLE EN 72,40 g DE MAYONESA	45
Cuadro N° 7: CANTIDAD DE FITOESTEROLES (72,40 g. DE MAYONESA)	45
Cuadro N° 8: CANTIDAD DE ACIDOS ORGANICOS (72,40 g. DE MAYONESA)	46
Cuadro N° 9: CANTIDAD DE HIDRATOS DE CARBONO NO DISPONIBLES (72,40 g DE MAYONESA)	46
Cuadro N° 10: REPRESENTACIÓN DE EXPERIMENTO LINEAL	84
Cuadro N° 11: ANÁLISIS DE VARIANZA LAS FORMULACIONES	85
Cuadro N° 12: Características fisicoquímicas de la yema de huevo liofilizado	91
Cuadro N° 13: Color de las mayonesas formuladas y comerciales	94
Cuadro N° 14: pH de las Mayonesas Formuladas y comerciales	95
Cuadro N° 15: Comportamiento de flujo (η), índice de consistencia (K) viscosidad aparente (μ)	97

INDICE DE GRAFICOS

Grafico N° 1: Comportamiento reológico de la mayonesa (García, 1988).....	66
Grafico N° 2: Esfuerzo Cortante (Pa) vs ritmo cortante (1/s).....	98
Grafico N° 3: Histograma del análisis sensorial entre las formulaciones (1.5% - 3.0% - 4.5%) y las comerciales.....	106

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Fase dispersante (continua) y Fase dispersa (discontinua) de una emulsión.....	18
Figura N° 2: Partículas sólidas finalmente divididas.....	19
Figura N° 3: Estructura Química de las sustancias anfifílicas de acuerdo a su carga iónica	19
Figura N° 4: Enlaces de monómeros formando estructuras químicas en una emulsión (Gemelo, Copolímero en bloque y Bola).....	20
Figura N° 5: Límite entre la zona polar y no polar de un emulsionante.	20
Figura N° 6: Tensión superficial.....	21
Figura N° 7: Disminución de la tensión superficial.	21
Figura N° 8: Interface de una emulsión agua en aceite.....	22
Figura N° 9: Balance Hidrofílico - Lipofílico (HLB).....	22
Figura N° 10: Balance Hidrofílico - Lipofílico (HLB) $HLB \approx 10$ HLB bajo HLB alto.	23
Figura N° 11: Emulsión del Tipo Aceite en Agua.	23
Figura N° 12: Emulsión del Tipo Agua en Aceite.	24
Figura N° 13: Efecto de la relación en volumen de las fases sobre el tipo de emulsión.	24
Figura N° 14: Emulsión no Acuosa.	25
Figura N° 15: Emulsión Múltiple Agua, Aceite y Agua (W/O/W).....	26
Figura N° 16: Emulsión Múltiple Aceite, Agua y Aceite (O/W/O).....	26
Figura N° 17: Emulsión múltiple.....	26
Figura N° 18: Emulsión o/w estabilizada por un jabón monovalente y Emulsión w/o estabilizada por un jabón divalente. Teoría de la Cuña Orientada.....	27
Figura N° 19: Influencia del Agregado de Cationes.	33
Figura N° 20: Forma de los Glóbulos (Emulsión inestable).....	35
Figura N° 21: Distribución del Tamaño de los Glóbulos.	36

Figura N° 22: Volumen de las fases sobre el tipo de emulsión.	38
Figura N° 23: Lecitina Típica.....	41
Figura N° 24: Cargas iónicas de la lecitina en una emulsión en la mayonesa.....	41
Figura N° 25: Etapas de la liofilización.....	48
Figura N° 26: componentes del tensor esfuerzo	53
Figura N° 27: Curvas de flujo y viscosidad.....	59
Figura N° 28: Dispersiones en estado de reposo y al fluir por un tubo.....	60
Figura N° 29: Curva característica de un ensayo de flujo transitorio a velocidad de cizalla constante.....	63
Figura N° 30: Diagrama de Flujo de la obtención de mayonesa a partir de la yema de huevo Liofilizado.....	83

INDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1: Procedimiento Experimental.	122
Anexo N° 2: Modelo De Ostwald De Waele O Ley De La Potencia, Para Fluidos No Newtonianos – De Comportamiento Reológico Seudoplástico.....	130
Anexo N° 3: Analisis Sensorial.	187
Anexo N° 4: Balance de Materia.....	206

RESUMEN

La yema de huevo liofilizado fue utilizado como agente emulsificante en la preparación de mayonesas con la finalidad de estudiar el efecto que ejerce sobre las propiedades reológicas y sensoriales teniendo como referencia a las comerciales Alacena y Hellmann's.

Todas las formulaciones preparadas con 1.5%, 3.0% y 4.5% de yema de huevo liofilizado sin la necesidad de emplear ningún espesante, en este estudio exhibieron un comportamiento pseudoplástico mediante el modelo de Ostwald de Waele, donde se evaluó el índice de consistencia (K), índice de comportamiento de flujo (η) y viscosidad aparente (μ), del cual la mejor formulación fue la que se le agrego 3.0% de la yema de huevo liofilizado presentando un comportamiento reológico muy semejante a las mayonesas comerciales. Se logró demostrar mediante una evaluación sensorial que el olor y color en las tres formulaciones (1.5%, 3.0% y 4.5%) no existe diferencias significativas utilizando la prueba de Fisher con un nivel de confiabilidad del 95%. La formulación con 3.0% de yema de huevo liofilizado no presento diferencias significativas a las mayonesas comerciales con respecto a sus propiedades sensoriales con un riesgo del 5.0%. Se llegó a la conclusión de cuando mayor sea el índice de consistencia la viscosidad aparente aumenta a su vez el índice de flujo disminuye siendo <1 , lo que indica el tipo de comportamiento del fluido para su estudio.

ABSTRACT

The lyophilized egg yolk was used as emulsifying agent in the preparation of mayonnaise in order to study the effect it has on the rheological and sensory properties with reference to the pantry and Hellmann's business.

All formulations prepared with 1.5%, 3.0% and 4.5% of lyophilized egg yolk without the necessity of employing any thickening in this study exhibited pseudoplastic behavior by Ostwald de Waele model, where the consistency index was evaluated (K), flow behavior index (n) and apparent viscosity (μ), which was the best formulation which was added 3.0% of lyophilized yolk presenting a commercial mayonnaise-like rheological behavior. It was possible to demonstrate by a sensory evaluation that the smell and color in all three formulations (1.5%, 3.0% and 4.5%) no significant differences using Fisher's test with a confidence level of 95%. The formulation with 3.0% of lyophilized egg yolk showed no significant difference to the commercial mayonnaise regarding their sensory properties with a risk of 5.0%. It is concluded from the higher the consistency index increases the apparent viscosity in turn reduces the flow rate being <1 , indicating the type of behavior of the fluid for examination.

I. INTRODUCCION

La industria de los productos de huevo ha sufrido grandes cambios desde mediados de la década de 1950, y junto con los cambios en la tecnología de procesamiento de huevo, ha habido un crecimiento continuo de productos de huevos procesados más. Muchos de estos productos se utilizan como ingredientes en diversas aplicaciones alimentarias (Froning, 2008).

Específicamente, la yema de huevo de gallina es un ingrediente clave en una amplia variedad de emulsiones de alimentos, especialmente emulsionantes salsas modificadas, ya que combina excelentes propiedades emulsionantes y características organolépticas apreciadas (Antón *et al.*, 2001). Sin embargo, los componentes individuales de la yema son difíciles de separar y sólo plasma y gránulos puede ser fácilmente fraccionado de la yema en una escala industrial (Antón *et al.*, 2001).

Los gránulos tienen bajo contenido de colesterol (Antón *et al.*, 2007) y mantienen buenas propiedades emulsionantes (Antón y GANDEMER, 1997; Aluko y Mina, 1998; Le Den Mat *et al.*, 1999; Antón *et al.*, 2000), podrían ser empleados como un ingrediente funcional en la industria alimentaria. Aunque, diferentes estudios sobre yema de huevo liofilizado se han llevado a cabo (Antón y Gandemer, 1997; Aluko y Minas, 1998; Le Den Mat *et al.*, 1999; Ibanoglu y Ercelebi, 2007; Sirvente *et al.*, 2007).

El primer uso de la palabra reología fue acreditado por Eugene C. Bingham en 1928, a partir de los trabajos de Heráclito (filósofo pre-Socrático), dándole el significado de "cada cosa fluye". En este momento, la reología se ha establecido como la ciencia de la deformación y el flujo de la materia, o sea, la manera en la cual los materiales responden a un esfuerzo o tensión aplicada. Todos los materiales tienen propiedades reológicas y el área que ocupa la reología es muy relevante en numerosos campos como la geología, mecánica de suelos, procesamiento de polímeros, dispersión de pinturas y pigmentos, bioingeniería, procesos interfaciales, cosmética, etc. (Barnes, 1995)

Una gran atención debe ser prestada a la importancia de la reología en la tecnología y procesado en alimentos.

El conocimiento de las características reológicas de los productos alimentarios es esencial para el diseño y control de los procesos de fabricación, control de la calidad de los productos acabados y determinación de su aceptabilidad por el consumidor (Barnes, 1990)

Los productos preparados en forma de emulsiones son una parte importante de la industria alimentaria. Entre las emulsiones, la mayonesa es consumida en grandes cantidades, habiendo crecido desmesuradamente su importancia comercial desde que fue producida por primera vez con esta intención en los comienzos del siglo XX. Este producto presenta unas características reológicas muy complejas, dependiendo incluso de su historia previa, lo que dificulta la forma significativa su estudio. Estas características están relacionadas con su complicada estructura y heterogeneidad microscópica.

Una emulsión puede definirse como un sistema bifásico formado por líquidos inmiscibles, en el que una fase está dispersa en la otra fase, o fase continua. La estabilidad de la emulsión aumenta por la adición de un emulsionante, el cual se coloca en la interface disminuyendo la tensión interfacial y orientando sus partes hidrofílicas y lipofílicas hacia las fases acuosas y oleosas, respectivamente. De esta manera, se forma una capa protectora alrededor de las gotas dispersas, separándolas y evitando su coalescencia, lo que aumenta la estabilidad de la emulsión. Ahora bien, las propiedades reológicas de las emulsiones dependen no solo de las propiedades de la fase continua y de la concentración de la fase dispersa, sino de otros factores, entre los que hay que señalar las características físicas de las gotas dispersas, composición química, pH, temperatura, polaridad del medio y otros más (Harrison, 1985).

La normativa vigente en nuestro país define las mayonesas y salsas finas como productos en forma de emulsión semisólida. El término mayonesa se restringe realmente a los productos que contienen un mínimo del 65% en aceite y del 5% en huevo (expresado en yema de huevo técnica), con una acidez superior al 0,2% en ácido acético y un pH inferior a 4.2 (Halmos, 1984).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo General

- Evaluar el efecto de la yema de huevo liofilizado como agente emulsificante sobre las propiedades reológicas y sensoriales para desarrollar una mayonesa con características similares a las de la mayonesa típica (comercial)

1.1.2 Objetivo Especifico

- Evaluar las características fisicoquímicas de la yema de huevo liofilizada.
- Determinar el índice de comportamiento de flujo (η), índice de consistencia (K), viscosidad aparente (μ), mediante un estudio reológico.
- Realizar un análisis sensorial en cuanto a su aceptabilidad (sabor), olor, color y viscosidad para determinar diferencias significativas entre las formulaciones y la mayonesa comercial.

II. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

2.1 Emulsión

Los emulsionantes son moléculas largas con una cabeza polar y una cola no polar. Las colas no polares se disuelven en la fase grasa que también es no polar. Las cabezas polares se disuelven en la fase acuosa polar y rechazan el aceite. De esta manera mantienen aparte las gotitas de aceite evitando que se unan por coalescencia. Las lecitinas pertenecen al grupo de emulsionantes naturales iónicos. La lecitina es un fosfolípido; estructuralmente se parecen a las grasas pero poseen una parte formada por ácido fosfórico. Son hidrófilas (afines al agua) y poseen una gran cabeza polar y una pequeña cola no polar. Este lípido se introduce en su mayor parte en la fase acuosa y su cola se adhiere a la fase grasa. Los finales cargados eléctricamente o polares son positivos (+) o negativos (-). La porción polar, amante del agua o hidrófila, es la que corresponde a la porción final del resto del ácido graso. Si el aceite se agita o se sacude en agua forma gotas pequeñas.

Las porciones no polares de las moléculas de lecitina se orientan hacia las gotas oleosas y los finales o terminales polares se orientan al exterior de la superficie de las gotas en la fase acuosa. En estas condiciones las gotas se repelen entre sí en vez de unirse formando una capa oleosa (Coenders, 1996).

Una emulsión es una suspensión de una fase en otra en que es inmisible. Una de las fases, la fase dispersa, existe como gotas discretas suspendidas en la segunda, llamada fase continua; además existe una capa interfásica entre las dos fases, que es ocupada por un material surfactante. Hay tres tipos principales de emulsiones que son importantes en alimentos, las emulsiones aceite-en-agua, agua-en-aceite y agua-en-aceite-en-agua (Friberg *et al.*, 2004).

El aceite y el agua no coexisten cómodamente debido a la energía de superficie (energía libre de Gibbs) de la interfase aceite-agua. Debido a la tensión interfásica entre el aceite y el agua, cualquier emulsión procurará minimizar la energía interfásica haciendo el área interfásica entre el aceite y el agua lo más pequeña posible. En la ausencia de

surfactantes, esto es logrado por la coalescencia de las gotas de aceite, para dar capas separadas de aceite y agua.

La presencia de moléculas surfactantes adsorbidas disminuye la tensión interfasial entre las fases de aceite y agua, de manera que la fuerza motriz para la coalescencia es reducida. Muchos surfactantes no reducen simplemente la tensión superficial, sino que inhiben activamente la coalescencia alterando las propiedades viscoelásticas de la interface.

El material absorbido puede también impedir el encuentro cercano de las gotas de aceite provocando que las superficies tengan suficiente carga para repelerse entre sí o creando una capa superficial extendida, que también impide el acercamiento.

Así, aunque las emulsiones tienden a considerarse como termodinámicamente inestables, es posible, mediante el uso adecuado de surfactante, controlar la cinética de desestabilización y producir emulsiones con una larga vida útil (Friberg *et al.*, 2004).

Las emulsiones son muy comunes en la industria alimentaria, son presentadas a los consumidores como productos terminados o aparecen durante la preparación de un alimento, de la mezcla y tratamiento de sus constituyentes.

Tienen una cierta textura que influye en la percepción de la estética de los alimentos, esta puede ser interpretada como función de las propiedades fisicoquímicas de la emulsión, la concentración de la fase dispersa, las interacciones y tamaño de gotas, la reología total e interfasial, y así sucesivamente; propiedades que también controlan la agregación de las gotas (floculación o coagulación) y la ruptura de la membrana entre las gotas agregadas (coalescencia) (Friberg *et al.*, 2004).

En la formulación de este aderezo utilizamos como emulsionante la lecitina contenida en la yema de huevo. Los fosfolípidos son emulsionantes naturales que favorecen principalmente las emulsiones de aceite en agua.

La yema de huevo contiene un 10 % de fosfolípidos y se utiliza para ayudar a la formación y estabilización de emulsiones como la mayonesa y los aderezos para ensaladas (Fennema, 1993).

Las emulsiones son sistemas termodinámicamente inestables. La inestabilidad se debe al aumento del área (ΔA) durante la emulsificación, que produce un incremento de la entalpía libre de Gibbs (ΔG),

$$\Delta G = \gamma \times \Delta A$$

γ es la tensión interfacial.

Las microemulsiones no son un tipo de emulsiones. A diferencia de estas últimas, son sistemas termodinámicamente estables.

2.1.1 Principales componentes de las emulsiones

- Medio dispersante (fase continua).
- Glóbulos dispersos (fase discontinua).
- Emulsionante.

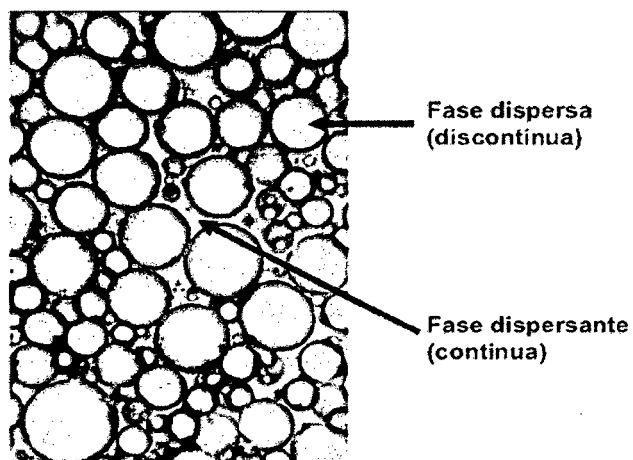


Figura N° 1: Fase dispersante (continua) y Fase dispersa (discontinua) de una emulsión.

Fuente: Belitz, 1997.

2.1.2 Emulsionantes

- Partículas sólidas finamente divididas insolubles en la fase dispersa y el medio dispersante, pero con una cierta afinidad por éstas.
- Sustancias anfífilas con una cierta afinidad con la fase dispersa y el medio dispersante y que son solubles en, por lo menos, una de las fases (tensioactivos).

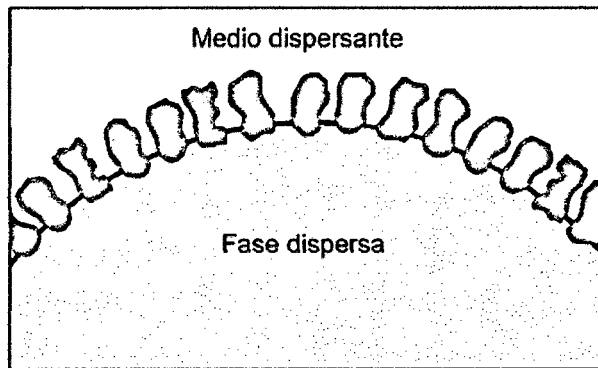


Figura N° 2: Partículas sólidas finalmente divididas.

Fuente: Charles, 1972.

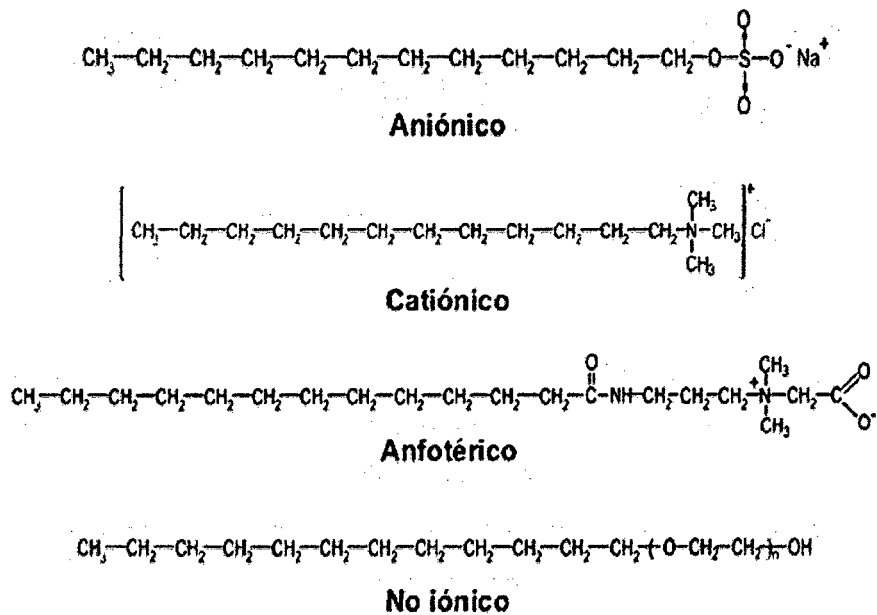


Figura N° 3: Estructura Química de las sustancias anfífilas de acuerdo a su carga iónica

Fuente: Kitchener, 1965.

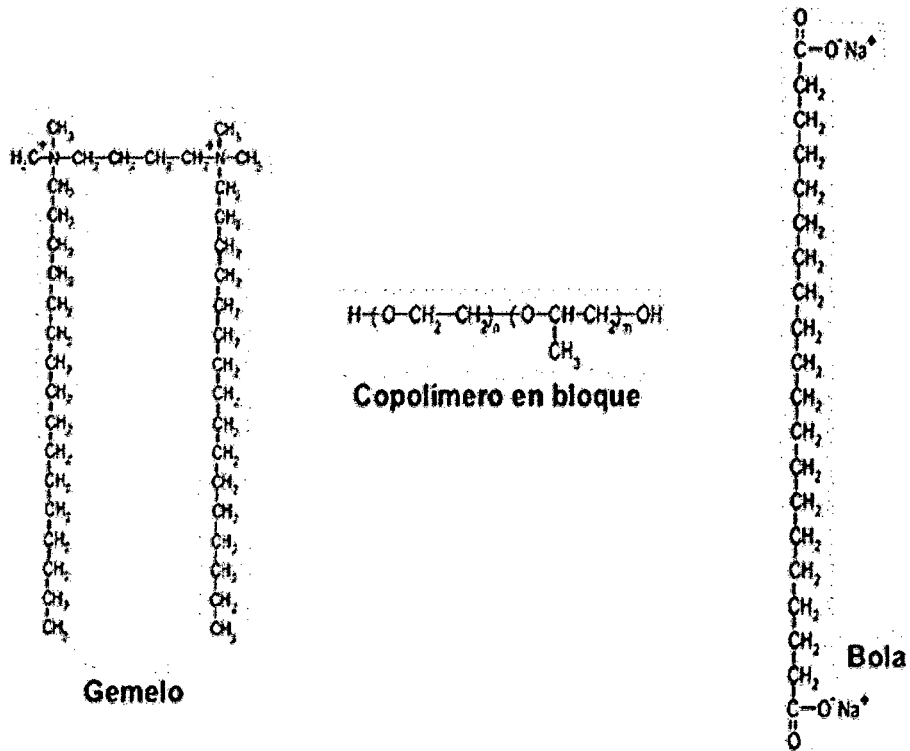


Figura N° 4: Enlaces de monómeros formando estructuras químicas en una emulsión (Gemelo, Copolímero en bloque y Bola).

Fuente: Charles, 1972.

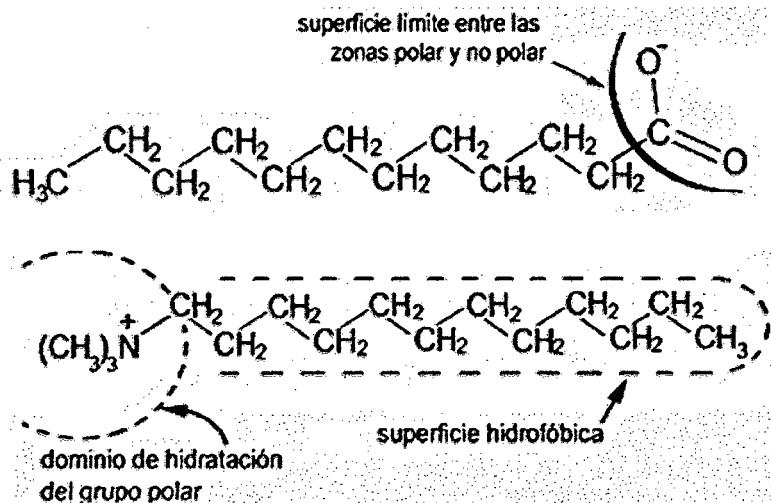


Figura N° 5: Límite entre la zona polar y no polar de un emulsionante.

Fuente: Charles, 1972.

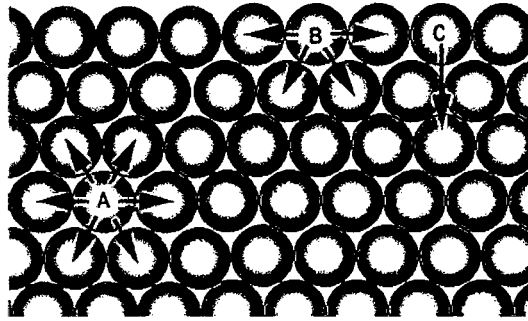


Figura N° 6: Tensión superficial.

Fuente: Belitz, 1997.

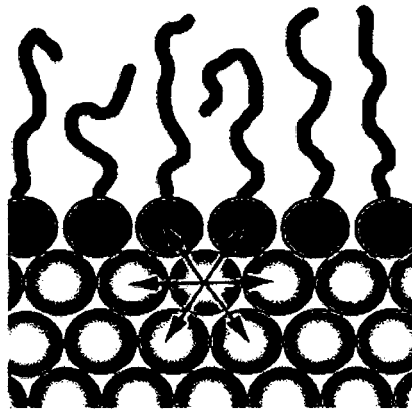


Figura N° 7: Disminución de la tensión superficial.

Fuente: Belitz, 1997.

2.1.3 Surfactante

Palabra inglesa surfactant, que es una contracción de la expresión surfaceactive agent (agente de actividad superficial).

El vocablo surfactant fue acuñado por la empresa GAF Corporation, de los Estados Unidos, como una marca registrada y, poco después (en 1950), la palabra fue de dominio público.

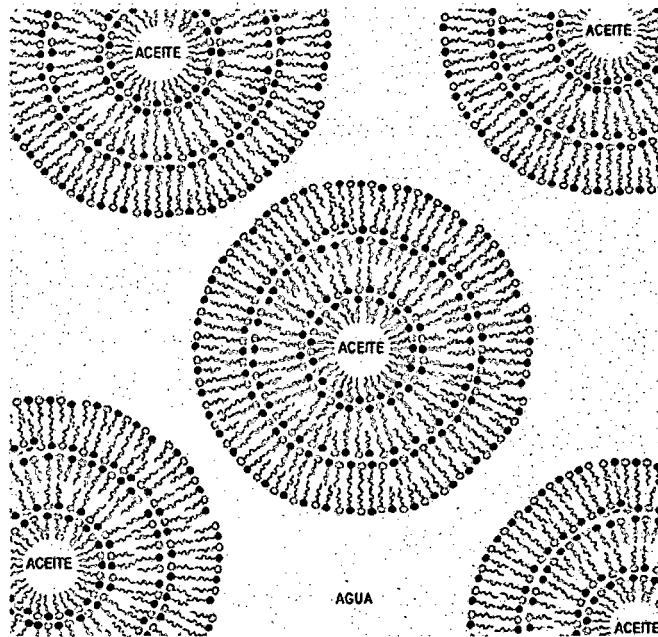


Figura N° 8: Interface de una emulsión agua en aceite.

Fuente: Charles, 1972.

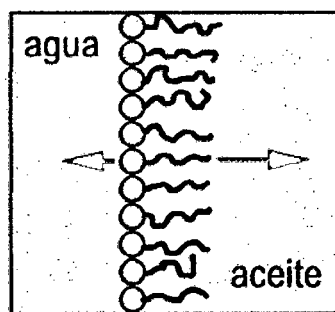


Figura N° 9: Balance Hidrofilico - Lipofílico (HLB).

Fuente: Charles, 1972.

2.1.4 Balance Hidrofílico – Lipofílico

Es un concepto ideado por Griffin (1949). En una emulsión, el valor del HLB del emulsionante intenta estimar la atracción simultánea que experimenta por las fases acuosa y oleosa.

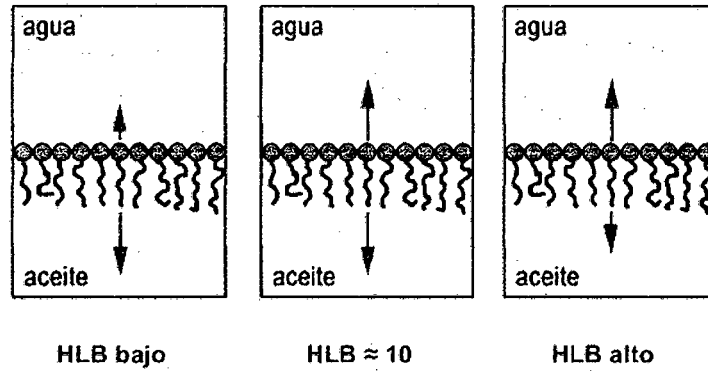


Figura N° 10: Balance Hidrofílico - Lipofílico (HLB)
HLB ≈ 10 HLB bajo HLB alto.

Fuente: Charles, 1972.

2.1.5 Tipos de Emulsiones

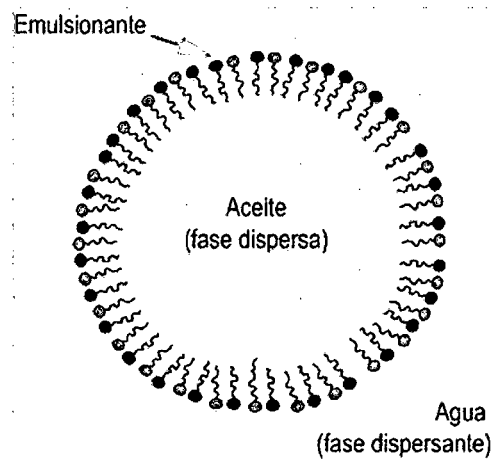
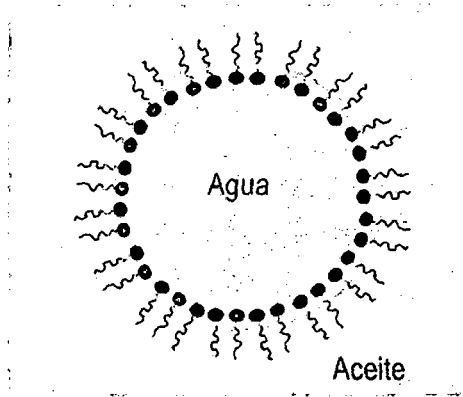


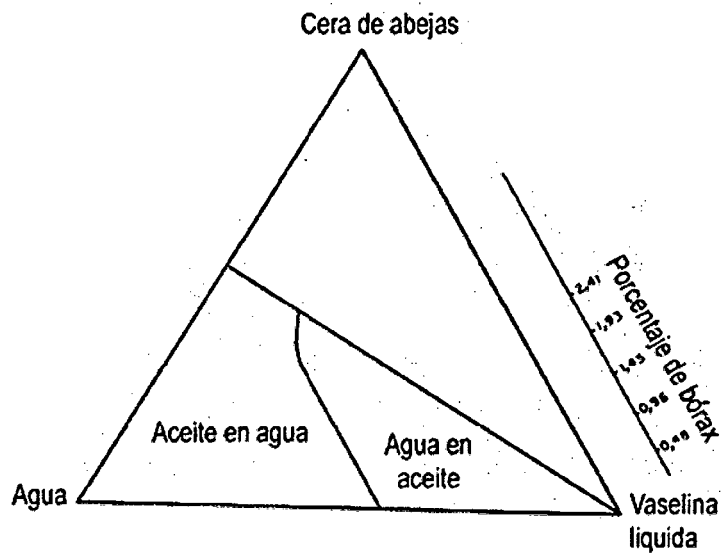
Figura N° 11: Emulsión del Tipo
Aceite en Agua.

Fuente: Charles, 1972.



**Figura N° 12: Emulsión del Tipo
Agua en Aceite.**

Fuente: Charles, 1972.



**Figura N° 13: Efecto de la relación en volumen de las
fases sobre el tipo de emulsión.**

Fuente: Charles, 1972.

2.1.6 Determinación Experimental del Tipo de Emulsión

- Conductividad eléctrica: Las emulsiones o/w son mejores conductoras que las w/o.
- Dilución: Una emulsión es soluble en su fase externa.
- Método de los colorantes: Se utilizan colorantes hidrosolubles y liposolubles. La uniformidad del color adquirido por la emulsión indica si es o/w o w/o.
- Método de la gota: Sobre sendas porciones de emulsión se agrega una gota de vaselina líquida y una de agua. Se observa la velocidad con que se extiende en la superficie de la emulsión.
- Aplicación sobre la piel: Las emulsiones o/w en general penetran más rápidamente en la piel.
- Papel de filtro con CoCl_2 : En contacto con emulsiones o/w vira rápidamente al rosado.
- Observación microscópica: Se disuelve un colorante en una de las fases, durante la preparación de la emulsión, y se observa al microscopio.

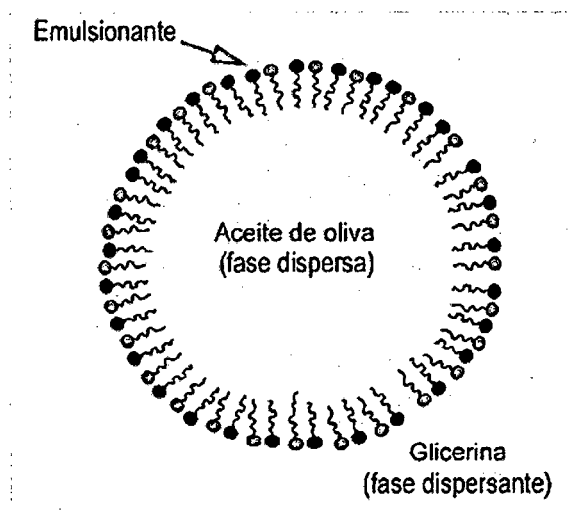
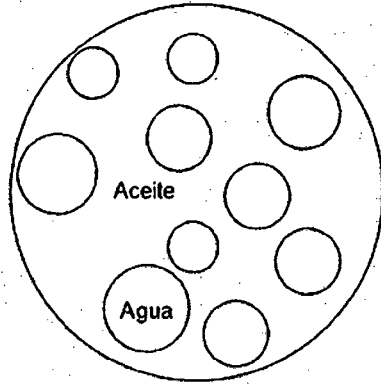
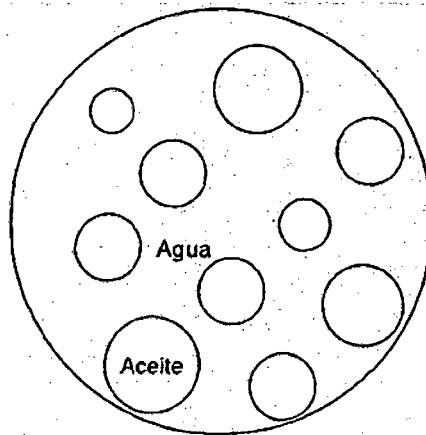


Figura N° 14: Emulsión no Acuosa.
Fuente: Charles, 1972.



Agua

Figura N° 15: Emulsión Múltiple Agua, Aceite y Agua (W/O/W).
Fuente: Charles, 1972.



Aceite

Figura N° 16: Emulsión Múltiple Aceite, Agua y Aceite (O/W/O).
Fuente: Charles, 1972.

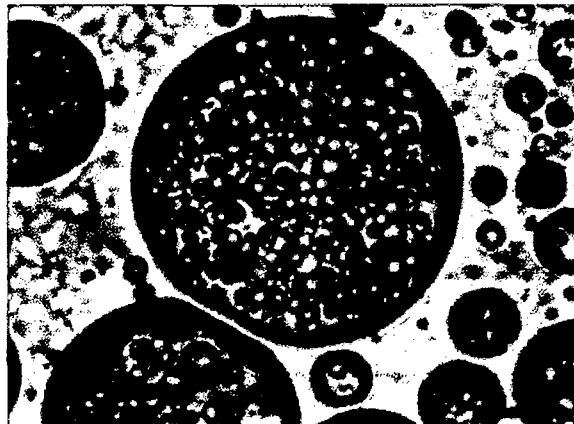


Figura N° 17: Emulsión múltiple.
Fuente: Charles, 1972.

2.1.7 Regla de Bancroft (1915)

La fase continua de una emulsión es aquella fase en la cual el emulsionante es más soluble.

- Oleato de sodio (soluble en agua y poco soluble en aceites): Emulsiones o/w.
- Oleato de calcio (soluble en aceites y poco soluble en agua): Emulsiones w/o.

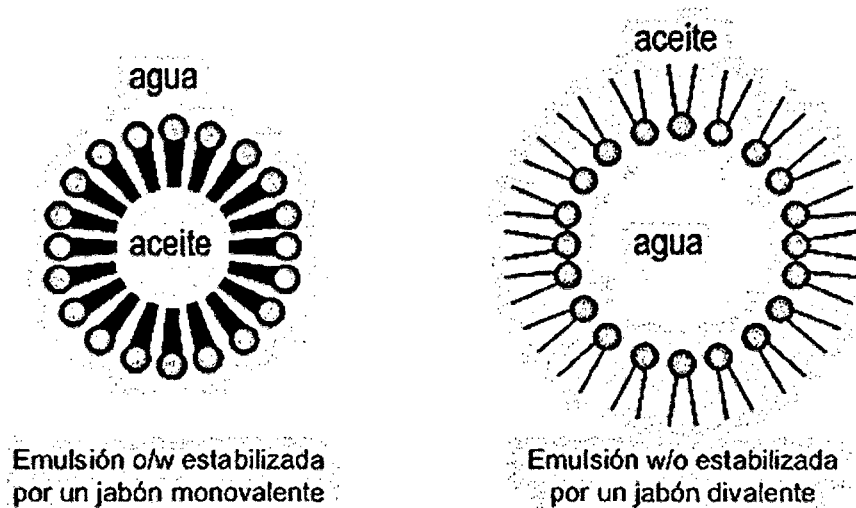


Figura N° 18: Emulsión o/w estabilizada por un jabón monovalente y Emulsión w/o estabilizada por un jabón divalente. Teoría de la Cuña Orientada.

Fuente: Harkins, Davies y Clark, 1917.

2.1.8 Tipos de Emulsiones según el Tamaño de los Glóbulos

Nanoemulsiones (mini-emulsiones): Glóbulos de decenas de nanómetros hasta unos 500 nm. Macroemulsiones: Glóbulos visibles al microscopio óptico.

**Tabla N° 1: Tamaños De los Glóbulos
en una Emulsión**

TAMAÑO DE LOS GLÓBULOS	ASPECTO
> 1 μm	Emulsión blanca lechosa
0,1 μm a 1 μm	Emulsión blanca azulada
0,05 a 0,1 μm	Emulsión gris semitransparente
< 0,05 μm	Emulsión Transparente

Fuente: Libros de texto de Química Orgánica y de Bioquímica, según Charles Tanford, 1972

2.1.9 Componentes de una emulsión Medical o Cosmética

- Agua destilada o desmineralizada.
- Oclusivos: Vaselina líquida, vaselina sólida, aceites vegetales.
- Emolientes: Lanolina, miristato de isopropilo, palmitato de cetilo (esperma de ballena).
- Opacificantes: Alcohol cetílico, monoestearato de glicerilo.
- Emulsionantes: Ácido esteárico y trietanolamina, lauril sulfato de sodio, cera de abejas y bórax, cetrimida, alcoholes polioxietilenados, ésteres del sorbitán y del sorbitán polioxietilenado, ceras autoemulsionables aniónica, catiónica y no iónica, monoestearato de glicerilo.
- Humectantes: Glicerina, propilenglicol, sorbitol.
- Conservantes antimicrobianos: Parabenos, ácidos benzoico, sórbico, propiónico y salicílico.
- Conservantes antioxidantes: BHT, ácido ascórbico, tocoferol, bisulfito de sodio, palmitato de ascorbilo.
- Espesantes: Carbómeros, hidroxietil celulosa.
- Potenciadores de la penetración dérmica: Miristato de isopropilo.
- Disolventes: Propilenglicol.
- Blanqueadores de la piel: Hidroquinona.

- Pantallas solares: Derivados de la benzofenona.
- Principios activos.

2.1.10 Ceras Autoemulsionables

- Cera aniónica:
 - Alcohol cetosteárico 90 %
 - Laurilsulfato de sodio 10 %
- Cera no iónica (BP):
 - Alcohol cetosteárico 80 % Cetomacrogol 1000 20 %
- Cera catiónica:
 - Alcohol cetosteárico 75 %
 - Cloruro de cetiltrimetilamonio 25 %

Tabla N° 2: HLB Requerido, según Griffin

ACEITE	HLB _{req} O/W	HLB _{req} W/O
Vaselina líquida	10-11	4
Lanolina anhidra	12	8
Aceite de ricino	14	
Alcohol cetílico	15	

Tabla N° 3: HLB Requerido, según Griffin, para la fase oleosa de una emulsión O/W

COMPONENTE	% EN LA EMULSIÓN	% EN LA FASE OLEOSA
Vaselina líquida	10,0	68,97
Lanolina anhidra	1,5	10,34
Alcohol cetílico	3,0	20,69
Emulsionante	4,5	
Glicerina	5,0	
Agua	76,0	

$$HLB_{req} = \frac{68,97 \times 10,5 + 10,34 \times 12 + 20,69 \times 15}{100} = 11,6$$

- **Composición de la Mezcla Emulsionante**

Tween 60 HLB = 14,9
Span 60 HLB = 4,7

$$11,6 = \frac{14,9 \times T + 4,7 \times (100 - T)}{100}$$

$$T = 67,6 \%$$

$$S = 100 - T = 32,4 \%$$

Tabla N° 4: Composición Final de la Emulsión

COMPONENTE	% EN LA EMULSIÓN
Vaselina líquida	10,0
Lanolina anhidra	1,5
Alcohol cetílico	3,0
Span 60	$4,5 \times 0,324 = 1,5$
Tween 60	$4,5 \times 0,676 = 3,0$
Glicerina	5,0
Agua	76,0

2.1.11 Inestabilidad de las Emulsiones

Reversible

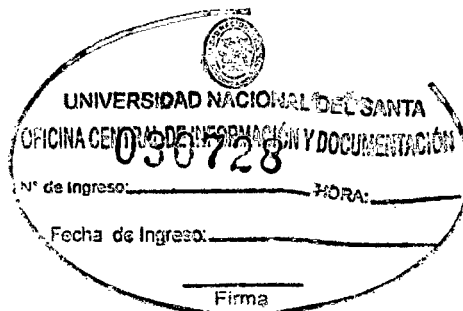
- Cremado: La fase dispersa se concentra en la parte superior.
- Sedimentación: La fase dispersa se concentra en la parte inferior.
- Floculación: Se forman agregados de glóbulos que no se fusionan entre sí.

Irreversible

- Coalescencia: Los glóbulos se fusionan entre sí.
- Inversión de fases: La fase continua pasa a discontinua y viceversa.

2.1.12 Cremado y Sedimentación

La velocidad de cremado o de sedimentación disminuye aumentando la viscosidad de la fase continua y reduciendo el tamaño de los glóbulos.



$$v = \frac{2g \cdot r^2 (\delta_{\text{glóbulos}} - \delta_{\text{fase continua}})}{9\eta}$$

Si $\delta_{\text{glóbulos}} > \delta_{\text{fase continua}}$

$V > 0$ (sedimentación)

Si $\delta_{\text{glóbulos}} < \delta_{\text{fase continua}}$

$V < 0$ (cremado)

2.1.13 Floculación

La velocidad de floculación disminuye al reducir la concentración de la fase dispersa y, en menor proporción, al disminuir la temperatura, ya que la energía cinética de los glóbulos se incrementa al aumentar la temperatura. La floculación es menor cuando se emplean emulsionantes iónicos debido a la repulsión eléctrica.

2.1.14 Coalescencia

- La velocidad de coalescencia depende de:
- La velocidad de floculación previa a la fusión de los glóbulos (por lo tanto, de la concentración de la fase dispersa).
- Las propiedades de la interfase (cargas eléctricas, características líquido cristalinas).
- HLB del emulsionante, composición química y concentración.

Inversión de Fases

La inversión de fases en una emulsión depende de:

- Proporción en volumen de la fase dispersa.
- Agregado de ácidos o bases.
- Agregado de cationes.
- Temperatura.
- HLB del emulsionante.

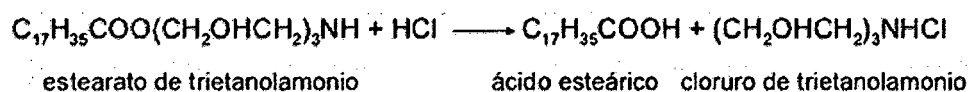
➤ **Influencia de la Proporción en Volumen de la Fase Dispersa**

En algunas emulsiones se produce inversión cuando la fase dispersa supera cierta concentración. En una emulsión hipotética, formada por gotas del mismo tamaño e indeformables, la

inversión de fases se produciría cuando la concentración de la fase dispersa es superior al 74,048 %, que corresponde al volumen ocupado por esferas rígidas en un acomodamiento compacto.

➤ **Influencia del Agregado de Ácidos o Bases**

Una emulsión del tipo o/w, estabilizada con estearato de trietanolamónio (HLB= 20) y un emulsionante de bajo HLB, puede invertirse por agregado de un ácido.



➤ **Influencia del Agregado de Cationes**

Una emulsión del tipo o/w, estabilizada con un jabón de un metal monovalente, puede invertirse en presencia de un catión polivalente.

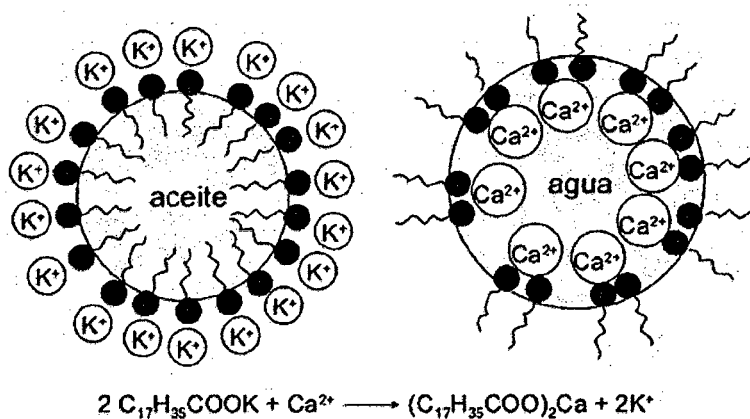
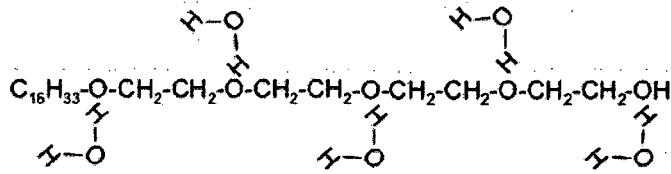


Figura N° 19: Influencia del Agregado de Cationes.

Fuente: Charles, 1972.

➤ **Influencia de la Temperatura**

En los emulsionantes polioxietilenados, el valor del HLB disminuye al aumentar la temperatura debido a la rotura de uniones puente hidrógeno. Por lo tanto, elevando la temperatura se puede producir la inversión de una emulsión o/w a w/o.



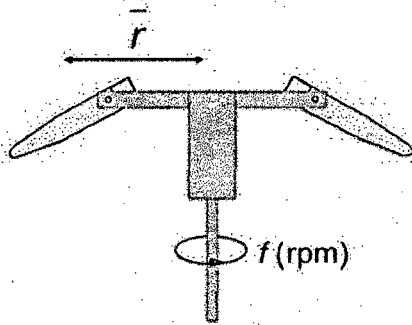
➤ **Influencia del HLB del emulsionante**

- Se puede producir inversión de fases en:
- Emulsiones del tipo o/w estabilizadas con un emulsionante de HLB menor que el requerido.
- Emulsiones del tipo w/o estabilizadas con un emulsionante de HLB mayor que el requerido.

2.1.15 Ensayos de Estabilidad de Emulsiones

- Almacenamiento a 40 °C: Acelera los procesos de cremado o sedimentación (disminuye la viscosidad), de floculación y coalescencia (aumenta la agitación térmica) y disminuye el HLB de emulsionantes polioxietilenados.
- Ciclos frío-calor (40 °C - 4 °C): Simula cambios extremos de temperaturas.
- Centrifugación: Aumenta las velocidades de cremado, sedimentación, floculación y cremado.
- Se evalúa:
- Cremado y sedimentación.
- Floculación.
- Coalescencia.
- Inversión de fases.
- Forma de los glóbulos.
- Distribución del tamaño de los glóbulos.
- pH.

Formulas aplicables:



$$\bar{a} (m/s^2) = \frac{(\bar{v})^2}{r}$$

$$\bar{v} (m/s) = 2\pi r \frac{f}{60}$$

$$\bar{a} (m/s^2) = \frac{4\pi^2 \times r \times f^2}{3600}$$

Si $\bar{r} = 0,15 \text{ m}$

$f = 2.500 \text{ rpm}$

$$\bar{a} = 10.280 \text{ m/s}^2$$

$$\bar{a} = 1.048 \text{ g}$$

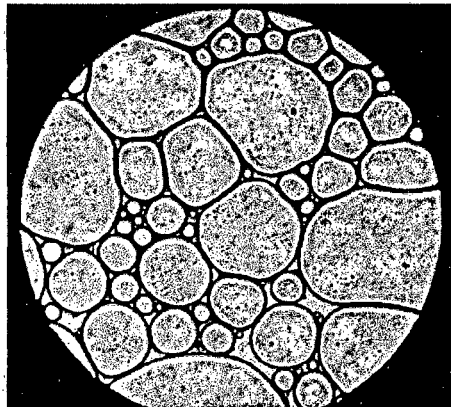
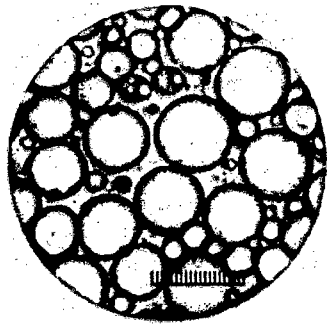


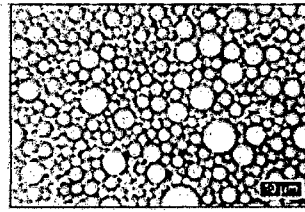
Figura N° 20: Forma de los

Glóbulos (Emulsión inestable).

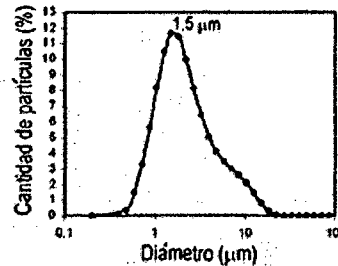
Fuente: kitchener y Mussellwhitep, 1968



Medición directa por observación con microscopio.



A partir de microfotografías.



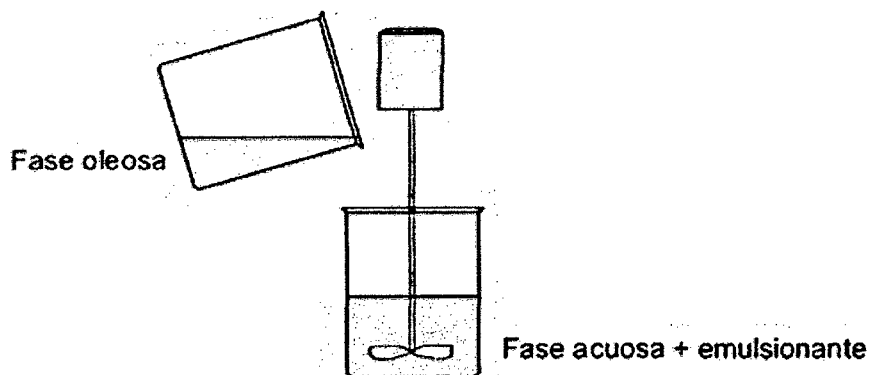
Métodos instrumentales.

Figura N° 21: Distribución del Tamaño de los Glóbulos.

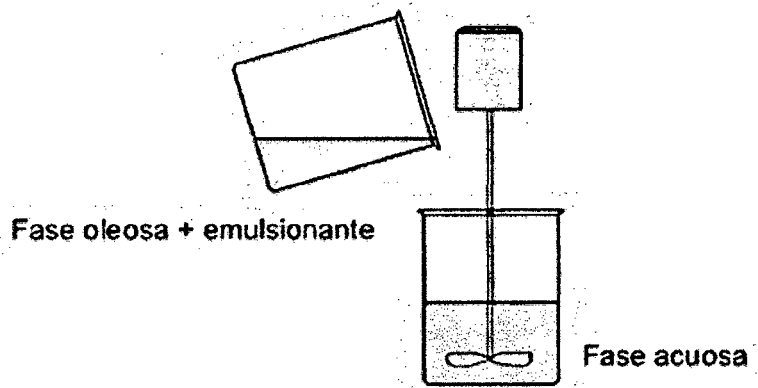
Fuente: Kitchener y Mussellwhitep, 1968

2.1.16 Preparación de Emulsiones

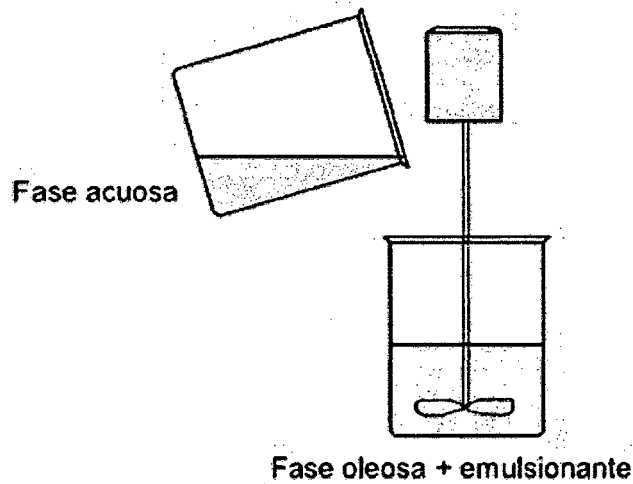
- La fase oleosa se agrega a la fase acuosa, en la cual se disolvió el emulsionante. Se produce una emulsión o/w; si se desea una emulsión w/o se continúa la adición de la fase oleosa hasta que se produzca la inversión. Fase oleosa Fase acuosa + emulsionante



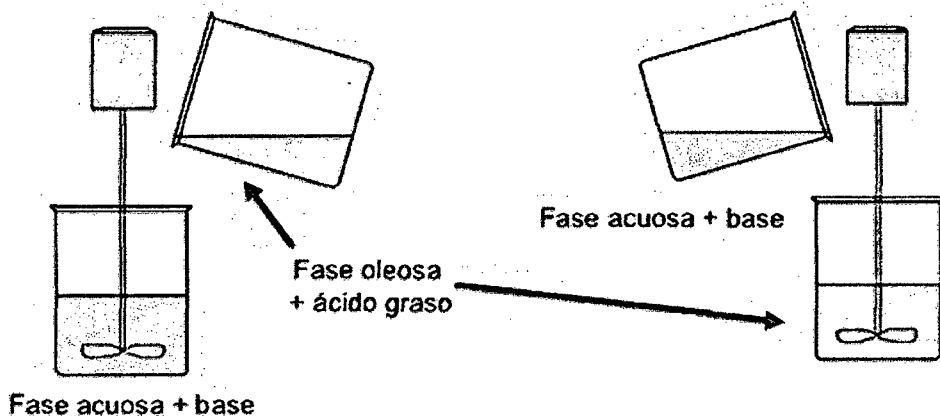
- La fase oleosa, en la cual se disolvió el emulsionante, se agrega sobre la acuosa. Se forma una emulsión o/w. Fase oleosa + emulsionante Fase acuosa



- Se agrega la fase acuosa sobre la oleosa, en la cual se disolvió el emulsionante. Se forma una emulsión w/o. Un agregado posterior de la fase acuosa produce una inversión de fases, con formación de una emulsión o/w. Fase acuosa Fase oleosa + emulsionante



- Método del jabón naciente: Se disuelve el ácido graso (por ejemplo, esteárico) en la fase oleosa y se mezcla con la fase acuosa en la que se disolvió una base (como la trietanolamina). Fase acuosa + base Fase oleosa + ácido graso Fase acuosa + base



- La fase oleosa se integra a un cristal líquido (2) formado por el emulsionante y parte de la fase acuosa (1). Por dilución con el resto de la fase acuosa se obtiene una emulsión o/w con gotas muy pequeñas.

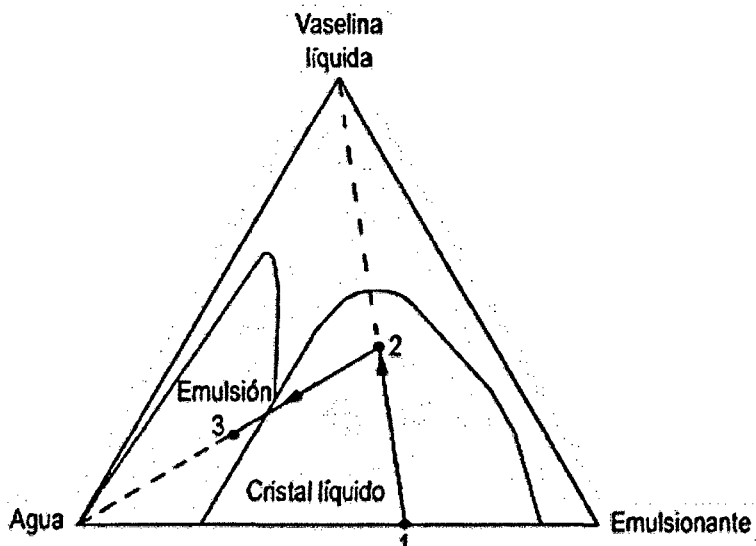


Figura N° 22: Volumen de las fases sobre el tipo de emulsión.

Fuente: Kitchener y Mussellwhitep, 1968

2.2 Mayonesa

La mayonesa es una emulsión aceite en agua, constituida básicamente por aceites vegetales comestibles, huevo o yema de huevo, vinagre y zumo de limón; (Gallegos *et al.*, 1988) puede contener ingredientes facultativos, como clara de huevo de gallina, productos de huevo de gallina, azúcares, sal de calidad alimentaria, condimentos, especias,

hierbas aromáticas, frutas y hortalizas, con inclusión de jugos de frutas y hortalizas, mostaza, productos lácteos y agua. (CODEX STAN 168-1989). La emulsión es formada mezclando lentamente el aceite con una pre-mezcla consistente de huevo, vinagre y mostaza, porque el mezclar el aceite de una sola vez con la fase acuosa resultaría la formación de una emulsión agua-en-aceite (Liu *et al.*, 2006).

La mayonesa tiende a ser más inestable que muchas otras emulsiones alimentarias debido a la gran cantidad de aceite emulsificado en relación a una cantidad de agua relativamente pequeña (García *et al.*, 1988). El elevado contenido de aceite hace que el número de gotas emulsionadas sea muy elevado y que estén relativamente cerca una de otras. La distancia de separación entre las gotas depende de las fuerzas de atracción de Van der Waals y fuerzas de repulsión tanto electrostáticas como estéricas. El compacto empaquetamiento de las gotas de aceite justifica su consistencia (Gallegos *et al.*, 1988).

Según plantea la Norma Ramal obligatoria NRIAL 192:2006, la Salsa Mayonesa es un aderezo untable tipo mayonesa, consistente en una salsa obtenida por la emulsificación mediante la yema de huevo o huevo integral, de aceite(s) vegetal(es) comestible(s) en una fase acuosa que generalmente es vinagre, pero cuyo contenido de aceite es inferior al 65 % pero superior al 30 % en peso. Podrá ser saborizada y (o) aromatizada, pudiéndose añadir conservantes, colorantes, estabilizadores, antioxidantes e ingredientes facultativos conforme a lo planteado por la norma de referencia, y el CODEX Alimentarius.

Los ingredientes se mezclan de forma tal que se logre la homogenización en equipos destinados para este fin, y se envasa posteriormente en frascos de cristal y tinas plásticas que se sellan y tapan para limitar al mínimo el contacto con el oxígeno del aire, siendo estas presentaciones las más comunes, entre otras.

La Miscela (del Italiano, que significa mezcla o natilla), favorece la formación de la emulsión y confiere consistencia al producto final. Su pH

debe estar entre 2,5 y 3, y está constituida por: Almidón Modificado, Azúcar, Sal, Mostaza, Vinagre, Ácido Cítrico, Goma Guar, Goma Xanthan, EDTA, Sorbato de Potasio y Agua, siendo estos los elementos que, en proporciones adecuadas, suplen el déficit de aceite en la formulación (comparando con el porcentaje normal de aceite en la mayonesa), y permiten que se logre una textura y característica, o más similar a la de la mayonesa de más de 65 % de aceite en fórmula. (NRIAL 192:2006)

La mayonesa o salsa mahonesa es una suspensión estabilizada por la lecitina contenida en la yema de huevo. La clave para hacer la mayonesa es verter las gotas de aceite muy lentamente sobre el vinagre, la yema y la mostaza de forma que la yema de huevo pueda cubrir las gotas de aceite que se están añadiendo impidiendo que se junten. En la mayonesa casera debe cuidarse la velocidad de añadido del aceite a la mezcla vinagre yema de huevo. La velocidad de adición debe ser menor a la capacidad de dispersión del aceite en la emulsión.

Como indicamos, la mayonesa se mantiene estable por la yema de huevo cuyo ingrediente activo es la lecitina. Hay muchas lecitinas estructuralmente iguales a las grasas pero con un extremo polar, esto es, cargado eléctricamente, figura n°23; el otro extremo no tiene carga eléctrica (es no polar).

El extremo polar es atraído por el agua (es hidrofílico) y el extremo no polar es atraído por la grasa (hidrofóbico), figura n°24. El resultado es que el emulsificante disuelve la mitad de sí mismo en el agua y la otra mitad en el aceite. Los extremos no polares de las moléculas de lecitina se orientan dentro de las gotitas de grasa y los extremos polares entran a la fase acuosa. Estas gotitas se repelen y mantienen estabilizada la emulsión. En la mayonesa se tiene una emulsión de aceite en un medio acuoso. La mantequilla es, por el contrario, emulsión de agua en un medio aceitoso.

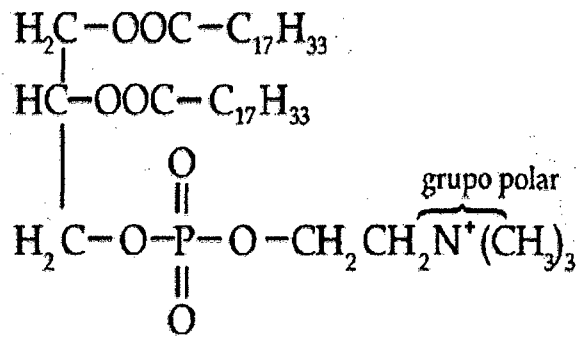


Figura N° 23: Lecitina Típica.

Fuente: kitchener y Mussellwhitep, 1968.

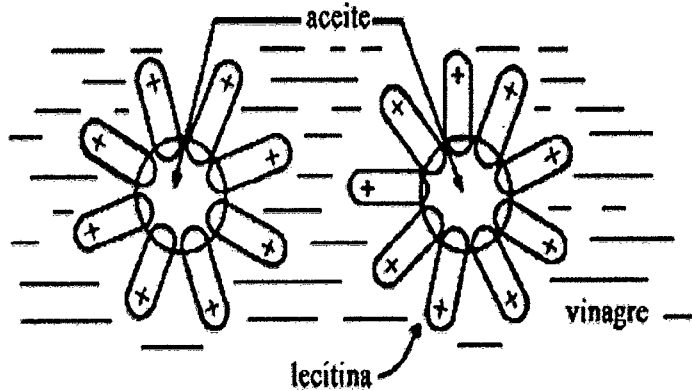


Figura N° 24: Cargas iónicas de la lecitina en una emulsión en la mayonesa.

Fuente: kitchener y Mussellwhitep, 1968.

Cuadro N° 1: COMPONENTES NUTRICIONALES DE LA MAYONESA (DATOS POR RACIÓN PESO NETO: 72,40 g)

APORTE POR RACIÓN	
Energía (kcal)	508,00
Proteína (g)	2,60
Hidratos de Carbono (g)	0,25
Fibra (g)	0,30
Grasa Total (g)	55,10
AGS (g)	8,70
AGM (g)	38,60
AGP (g)	5,00
AGP /AGS	0,57
(AGP + AGM) / AGS	5,01
Colesterol (mg)	202,00
Alcohol (g)	0,00
Agua (g)	14,20

Fuente: Adaptado de Moreiras y col, 2005; Stadelman, 2003.

Cuadro N° 2: TIPOS DE MINERALES ENCONTRADOS EN LA MAYONESA (72,40 g)

MINERALES	
Calcio (mg)	23,10
Hierro (mg)	1,40
Yodo (mg)	2,00
Magnesio (mg)	4,40
Zinc (mg)	0,61

Selenio (ug)	3,10
Sodio (mg)	8,30
Potasio (mg)	33,00
Fosforo (mg)	5,40

Fuente: Layman, 2004; Vander Wal *et al.*, 2005.

Cuadro N° 3: COMPOSICION ALIMENTARIA DE ACIDOS GRASOS EN LA MAYONESA (72,40 g)

ACIDOS GRASOS	
Mirístico C14:0 [g]	0,07
Palmítico C16:0 [g]	5,20
Estearico C18:0 [g]	1,80
Omega 3 [g]	0,35
Ac. Grasos cis	0,00
AGP cis	4,10
Palmitoleico C16:1 [g]	0,54
Oleico C18:1 [g]	37,80
Linoleico C18:2 [g]	4,50
Linolénico C18:3 [g]	0,39
Omega 6 [g]	3,80
Ac. Grasos trans	0,00
AGM trans	0,00
Araquidónico C20:4 [g]	0,03
Eicosapentaenoico C20:5 [g]	0,00
Docosapentaenoico C22:5 [g]	0,01
Docosahexaenoico C22:6 [g]	0,03
Omega 3/ Omega 6	0,09
AGM cis	36,50
AGP trans	0,00

Fuente: Applegate, 2000; Meister *et al.*, 2002.

Cuadro N° 4: COMPOSICION DE AMINOACIDOS (72,40 g. DE MAYONESA)

AMINOACIDOS	
Alanina [mg]	145,00
Arginina [mg]	180,00
Ac. aspártico [mg]	250,00
Ac. glutámico [mg]	309,00
Cistina [mg]	43,50
Fenilalanina [mg]	111,00
Glicina [mg]	90,00
Histidina [mg]	61,40
Isoleucina [mg]	152,00
Leucina [mg]	227,00
Lisina [mg]	182,00
Metionina [mg]	65,60
Hidroxiprolina [mg]	0,00
Prolina [mg]	110,00
Serina [mg]	225,00
Tirosina [mg]	109,00
Treonina [mg]	140,00
Triptófano [mg]	40,40
Valina [mg]	173,00

Fuente: Huopalahti *et al.*, 2007; Kovac-Nolan *et al.*, 2005.

Cuadro N° 5: CANTIDAD DE VITAMINAS PRESENTE EN 72,40 g. DE MAYONESA

VITAMINAS	
Vit. B1 Tiamina [mg]	0,05
Vit. B2 Riboflavina [mg]	0,07
Eq. niacina [mg]	0,69
Vit. B6 Piridoxina [mg]	0,05

Ac. Fólico [μg]	25,80
Vit. B12 Cianocobalamina [μg]	0,32
Vit. C Ac. ascórbico [mg]	3,30
Retinol [μg]	141,00
Carotenoides (Eq. β carotenos) [μg]	4,90
Vit. A Eq. Retinol [μg]	142,00
Vit. D [μg]	0,90

Fuente: Jiang y col, 2000; Noh y Koo, 2003.

Cuadro N° 6: CANTIDAD DE HIDRATOS DE CARBONO SIMPLE EN 72,40 g DE MAYONESA

HIDRATOS DE CARBONO SIMPLES	
Glucosa [g]	0,12
Fructosa [g]	0,09
Galactosa [g]	0,00
Sacarosa [g]	0,03
Lactosa [g]	0,00
Maltosa [g]	0,00
Oligosacáridos [g]	0,00

Fuente: Huopalahti *et al.*, 2007; Kovac-Nolan *et al.*, 2005.

Cuadro N° 7: CANTIDAD DE FITOESTEROLES (72,40 g. DE MAYONESA)

FITOESTEROLES	
Fitosteroles totales [mg]	0,77
Beta-sitosterol [mg]	0,51
Campesterol [mg]	0,13
Estigmasterol [mg]	0,06
Estigmasterol D7 [mg]	0,00

Brásica-esterol [mg]	0,00
Avenaesterol D5 [mg]	0,00
Avenaesterol D7 [mg]	0,00
Otros fitosteroles [mg]	0,00

Fuente: Curran-Celentano *et al.*, 2003; Lyle *et al.*, 1999; Moeller *et al.*, 2000.

Cuadro N° 8: CANTIDAD DE ACIDOS ORGANICOS (72,40 g. DE MAYONESA)

ACIDOS ORGANICOS	
Ac. orgánicos disponibles [g]	0,31
Oxálico [g]	0,00
Cítrico [g]	0,30
Málico [g]	0,01
Ac. Tartárico [g]	0,00
Ac. Acético [g]	0,00
Ac. Láctico [g]	0,00

Fuente: Curran-Celentano *et al.*, 2003; Lyle *et al.*, 1999; Moeller *et al.*, 2000.

Cuadro N° 9: CANTIDAD DE HIDRATOS DE CARBONO NO DISPONIBLES (72,40 g DE MAYONESA)

HIDRATOS DE CARBONO NO DISPONIBLES	
Polisac. no celu.solubles [g]	0,00
Polisac. no celu. insolubles [g]	0,00
Celulosa [g]	0,00
Lignina [g]	0,00
Almidón [g]	0,00

Fuente: Jiang y col., 2000; Noh y Koo, 2003.

2.3 Liofilización

La liofilización es un proceso durante el cual el material primero se congela y se concentra el solvente, (generalmente agua), para luego ser retirado por sublimación a presión reducida, hasta alcanzar valores de 5% de humedad o menores, disminuyendo las pérdidas de los componentes volátiles o termosensibles. La liofilización termina con la etapa de almacenamiento del producto en forma controlada (libre de oxígeno y de vapor de agua), logrando así que los productos tengan una larga vida de anaquel y retengan en una alta proporción sus características organolépticas, físicas, químicas y biológicas. Por medio de la liofilización, se logra reducir las pérdidas de los compuestos responsables del sabor y el aroma en los alimentos en mayor proporción que otros sistemas de secado. Son además productos fácilmente reconstituibles (Rey, 1975).

La figura 01 muestra las etapas de la liofilización. El proceso de secado por liofilización propiamente, inicia con la fase 1, o etapa conductiva o de deshidratación primaria. Durante esta etapa el producto se calienta y aumenta rápidamente la sublimación hasta alcanzar un punto máximo. La velocidad de extracción del agua es alta, debido a que la resistencia al transporte de calor desde la placa calefactora al material y al flujo másico de vapor sublimado al condensador es pequeña. Se remueve entre el 70 y el 90% del agua y dura aproximadamente el 10 % del tiempo de liofilización (Goldblith *et al.*, 1975; Orrego, 2003). La sublimación ocurre cuando se suministra la energía correspondiente al calor latente medido a la presión de vacío en la cámara de secado.

Cuando comienza el calentamiento, empieza a formarse un frente de sublimación o interface entre la capa seca y la capa congelada de la muestra el cual avanza progresivamente. El mecanismo preponderante es la transferencia de calor por conducción. La transferencia de masa ocurre por la migración de vapores a través de la capa seca de la muestra bajo la acción de una diferencia de presión; esta transferencia

es alta cuando la diferencia de presión es grande. El vapor de agua generado en la interfase de sublimación se elimina a través de los poros (Orrego, 2003).



Figura N° 25: Etapas de la liofilización.

Fuente: Orrego, 2003

2.4 Yema de Huevo Liofilizado

Estas presentaciones liofilizadas son seguras desde el punto de vista higiénico-sanitario: a diferencia del huevo fresco, y en parte del huevo pasteurizado, no ofrecen peligro de contaminación por salmonellas, entre otros microorganismos, lo que es una garantía tanto para la instalación como el cliente (que también es = dinero). Los envases que contienen estas preparaciones no generan mermas por rotura, manipulación, u otra práctica no deseable (resultando en ahorro de dinero); y son considerablemente más rápidos, fáciles y cómodos de manipular por parte de los elaboradores (ahorro de tiempo y esfuerzo = dinero). (Galobart *et al.*, 2002)

Otra larga lista de especialidades con aplicaciones en las industrias farmacéutica, agropecuaria, y alimentaria, entre otras, enriquecen la

cartera de productos de BNL foods International. Se destacan en esta lista los fosfolípidos de la yema del huevo, que desde 1997 merecieron el Novel Food Status de la Comisión Europea (EC 258/97) y constituyen una extraordinaria fuente de ácidos grasos ω_3 y ω_6 , en concentraciones de 50, 85 y 100%, así como de Colina y Colesterol, especialmente beneficiosos en las etapas más extremas de la vida, según se ha demostrado científicamente. Se destaca igualmente la enzima lisozima en presentaciones tanto de grado alimentario como farmacéutico. (Galobart *et al.*, 2002)

Hoy, resulta imperativo el compromiso de los investigadores con la necesidad de satisfacer el creciente interés de los consumidores hacia los beneficios ofrecidos por los alimentos en términos de salud y calidad de vida. BNL foods International, compañía belga con más de 40 años de fundada, y líder mundial en el procesamiento industrial del huevo, además de las presentaciones liofilizadas tradicionales (huevo entero/yema/albúmina), ha logrado desarrollar a lo largo de su rica historia productiva múltiples variedades de éstas en función de su aplicación industrial específica, resultando en más de 30 variedades funcionales de tales productos. Entre éstas, mención especial merecen las presentaciones liofilizadas del Huevo Columbus (huevo entero/yema), las que aportan el 25% de las CDR Cantidades Diarias Recomendadas de ácidos grasos ω_3 , tanto esenciales como condicionalmente esenciales, brindándonos con ello una excepcional oportunidad para enriquecer con ácidos grasos ω_3 alimentos que contienen huevo en su formulación habitual, a fin de acercarnos/alcanzar el balance requerido $\omega_3:\omega_6$. (Galobart *et al.*, 2002)

La liofilización es una buena alternativa para conservar alimentos, tales como carnes, hortalizas y frutas, que contienen grandes cantidades de proteínas o volátiles y que son susceptibles a reacciones de empardeamiento. La estructura porosa que resulta de la sublimación del hielo permite que los productos liofilizados posean propiedades instantáneas (Barbosa y Vega, 2000).

La liofilización no ha sido empleada en la producción comercial de huevos en polvo internacionalmente, porque es un proceso que ha sido utilizado para investigaciones científicas, ya que es el mejor método de conservación de células y microorganismos (probióticos), por un largo periodo de tiempo sin que pierdan sus propiedades. Además es un proceso muy caro por el equipo y tiempo empleado y actualmente se está empezando a utilizar en la industria alimentaria (frutas y vegetales) (Niro, 2006)

Comercialmente se vende huevo en polvo, por el proceso de secado por atomización que brinda excelentes beneficios a los productos de huevos, produciendo huevos en polvo. Es un proceso económico ya que se aprovechan los huevos que no tienen salida comercial (huevo pequeño), además es un producto que puede ser almacenado por dos años en un lugar fresco y oscuro. La temperatura de secado que se utiliza es de 350 °C y el producto sale con una temperatura de 90°C quedando el producto con un porcentaje de humedad de (5 - 8 %) (Quiminet, 2007)

El huevo en polvo tiene una marcada demanda que proviene de la Unión Europea y Japón, ya que tiene una gran aplicación en repostería, confiterías, heladería, en la fabricación de fideos y en la industria farmacéutica. El precio internacional del kilo es de US\$ 5. (Gasparetti, 2003)

En los huevos frescos pueden hallarse ciertas bacterias que suelen causar intoxicaciones alimentarias y la principal bacteria es la *Salmonella enteritides*. El número de huevos que contienen esta bacteria es muy escaso, según los investigadores científicos la *Salmonella enteritides* se encuentra en la yema del huevo, pero no se puede descartar la posibilidad de que las bacterias estén también en la clara del huevo, por lo que se recomienda no comer huevo crudos o semi-crudos. Hay muchos métodos para cocinar los huevos de manera que éstos no constituyan un riesgo para la salud, por ejemplo, huevos duros, revueltos, fritos y al horno. Sin embargo, cualquiera que sea el método de cocción, los huevos se deben cocer hasta alcanzar 70° C. La

pasterización destruye la Salmonella pero no cuece el huevo ni altera su color, sabor y valor nutritivo. La pasterización del huevo en polvo se realiza mediante un calentamiento del huevo en polvo por largo tiempo. Según Monssel y Beuchat (1981), la actividad de agua para huevo deshidratado es 0.44 con un porcentaje de humedad de 5%, condiciones en que no se produce proliferación microbiana (Tabla N° 5). (FAO y el servicio de inocuidad e inspección de los alimentos (departamento de agricultura de los Estados Unidos, 2002).

Tabla N° 5: Actividad de agua y microorganismos

Aw	Microorganismos
1.00 -0.95	Bacilos Gram negativos; casi todos los esporos bacterianos; algunas levaduras
0.95 – 0.91	Casi todos los cocos; lactobacilos; <i>Listeria monocytogenes</i>
0.91 – 0.87	Levaduras no osmófilas
0.87 – 0.80	Mohos no xerófilos; <i>Staph. Aureus</i>
0.80 – 0.75	Casi todas las bacterias halófilas
0.75 – 0.65	Mohos xerófilos
0.65 – 0.60	Levaduras osmófilas
0.05, 0.40, 0.30 y menores 0.20	Actividad de agua que no permite ninguna multiplicación microbiana

Fuente: D.A.A. Mossel, B. Moreno y C.B. Strujik. Microbiología de los alimentos (2002).

2.5 Reología

Reología es la ciencia de la deformación y flujo de los materiales, es el estudio de la manera en que los materiales responden a un esfuerzo o tensión aplicada. Se puede pensar de la reología de los alimentos como la ciencia material de los alimentos. Hay numerosas áreas donde los datos reológicos son necesitados en la industria alimentaria: cálculos de procesos ingenieriles, determinación de la funcionalidad de ingredientes en el desarrollo de productos; control de calidad de productos terminado o en proceso; evaluación de vida útil; evaluación de textura de alimentos por correlación con datos sensoriales (Steffe, 1996).

2.5.1 El tensor esfuerzo

El esfuerzo o tensión es una magnitud que se define como una fuerza por unidad de superficie, teniendo por lo tanto unidades de presión. El esfuerzo al que se somete externamente un material puede aplicarse de distintas formas: como una compresión o como un esfuerzo cortante o de cizalla.

Referidas a un espacio euclídeo tridimensional, las magnitudes de las que deriva el esfuerzo (fuerza y superficie) son vectores de tres componentes, por lo que para definir completamente el esfuerzo es necesario especificar nueve componentes. Por ello, el esfuerzo es un tensor de segundo orden, que en forma matricial se representa de la siguiente forma:

$$\sigma_{ij} = \begin{pmatrix} \sigma_{xx} & \sigma_{xy} & \sigma_{xz} \\ \sigma_{yx} & \sigma_{yy} & \sigma_{yz} \\ \sigma_{zx} & \sigma_{zy} & \sigma_{zz} \end{pmatrix} \quad (2.5.1)$$

En el tensor esfuerzo, el primer subíndice se refiere a la orientación del plano sobre el que la fuerza actúa, y el segundo indica la orientación de dicha fuerza.

Como consecuencia de la condición de equilibrio entre pares de fuerzas el tensor es simétrico ($\sigma_{ij} = \sigma_{ji}$), por lo tanto sólo seis de las nueve componentes son independientes.

En general, sobre un elemento material cualquiera pueden actuar dos tipos de esfuerzos:

- Esfuerzos normales, referidos a la componente en dirección perpendicular a la superficie considerada.
- Esfuerzos de cizalla o cortantes, que son las componentes tangenciales a dichas superficies (Darby, 1976; Dealy, 1982), como puede observarse en la figura

El tensor esfuerzo total puede descomponerse en la suma de un tensor isótropo, σ , y uno anisótropo, τ_{ij} (Dealy, 1982):

$$\sigma_{ij} = \sigma \delta_{ij} + \tau_{ij} \quad (2.5.1.1)$$

Donde δ_{ij} es el tensor unitario o delta de Kronecker.

$$\delta_{ij} = 1 \text{ si } i=j \quad \text{y} \quad \delta_{ij} = 0 \text{ si } i \neq j \quad (2.5.1.2.)$$

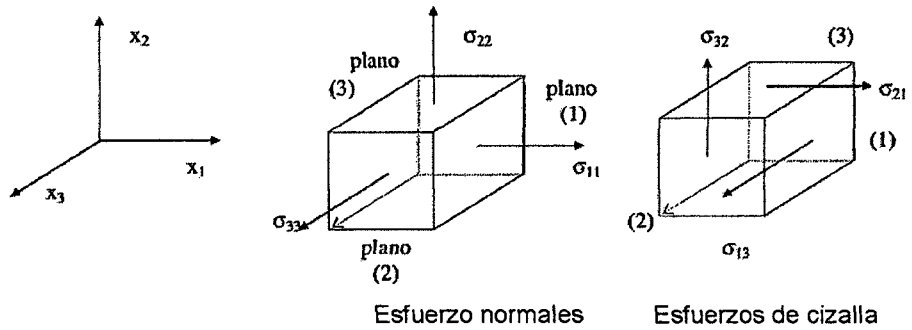


Figura N° 26: componentes del tensor esfuerzo

El esfuerzo isótropo, s , es perpendicular a todas las superficies del material sobre el que actúa y con la misma magnitud en todas las direcciones. El esfuerzo isótropo provocará un cambio de volumen en el elemento, pero no un cambio de forma. El esfuerzo anisótropo puede tener componentes normales (correspondientes a esfuerzos normales) o componentes tangenciales (correspondientes a esfuerzos de cizalla). Así, cuando un esfuerzo anisótropo actúa sobre un elemento material tiene como resultado un cambio en la forma, pero no en volumen. La componente del esfuerzo normal anisótropo no puede medirse directamente, en cambio sí pueden medirse las componentes del esfuerzo total normal:

$$\sigma_{ij} = \begin{pmatrix} -P + \tau_{xx} & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & -P + \tau_{yy} & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & -P + \tau_{zz} \end{pmatrix} \quad (2.5.1.3)$$

Al considerar diferencias de esfuerzos normales se elimina la contribución de la presión en las componentes del esfuerzo total:

$$\begin{aligned}\sigma_{xx} - \sigma_{yy} &= (-P + \tau_{xx}) - (-P + \tau_{yy}) = \tau_{xx} - \tau_{yy} = N_1 \\ \sigma_{yy} - \sigma_{zz} &= (-P + \tau_{yy}) - (-P + \tau_{zz}) = \tau_{yy} - \tau_{zz} = N_2\end{aligned}\quad (2.5.1.4)$$

Hay que señalar que, si el material es incompresible, sólo los esfuerzos cortantes y las diferencias entre esfuerzos normales que actúan en direcciones diferentes tienen significación reológica. Un esfuerzo isótropo no provoca cambios en un material incompresible, ya que no puede modificar su volumen. Esto posibilita la sustitución de los componentes del esfuerzo total σ_{ij} , por los componentes del esfuerzo desviatorio, τ_{ij} :

$$\begin{aligned}\sigma_{11} - \sigma_{22} &= \tau_{11} - \tau_{22} \\ \sigma_{22} - \sigma_{33} &= \tau_{22} - \tau_{33} \\ \sigma_{ij} &= \tau_{ij} \text{ si } i \neq j\end{aligned}\quad (2.5.1.5)$$

2.5.2 Tensor deformación y tensor velocidad de deformación

La deformación, γ , y la velocidad de deformación, $\dot{\gamma}$, son la expresión matemática de la respuesta de un material al esfuerzo aplicado sobre él. La deformación es una medida cuantitativa de la extensión con la que un elemento de material ha sido deformado. La magnitud de esa deformación está determinada por el desplazamiento relativo de los puntos, y es por tanto una magnitud adimensional. Como las dos magnitudes que lo definen son vectores con tres componentes en el espacio tridimensional, la deformación y la velocidad de deformación son también tensores de segundo orden con nueve componentes. La deformación, e_{ij} , es un tensor simétrico, por lo tanto, puede definirse una deformación isótropa e y otra anisótropa γ_{ij} , definiéndose como:

$$e_{ij} = e\delta_{ij} + \gamma_{ij} \quad (2.5.2)$$

Donde δ_{ij} es el tensor unitario o delta de Kronecker. La componente isótropa indica un cambio de volumen (dilatación o compresión) sin cambio de forma. El tensor γ_{ij} , tensor de deformación desviatoria,

representa la deformación anisótropa y refleja un cambio de forma sin cambio de volumen. El vector velocidad de deformación se obtiene por derivación con respecto al tiempo del tensor deformación:

$$e_{ij} = d(e_{ij})/dt \quad (2.5.2.1)$$

2.5.3 Caracterización reológica de un material

La caracterización reológica de un material consiste en encontrar la relación, en forma de ley matemática, que existe entre el esfuerzo aplicado y la respuesta dinámica resultante en forma de deformación o velocidad de deformación (Darby, 1976). Dicha expresión matemática puede ser de dos tipos:

- **Ecuación constitutiva.** La ecuación constitutiva o ecuación reológica de estado relaciona todas las componentes del esfuerzo (volumétrico o desviatorio) y de la deformación. Es una característica única del material y representa el comportamiento reológico más general, definiéndolo para cualquier tipo de deformación o flujo.
- **Función del material.** Es una relación entre ciertos componentes del esfuerzo y la deformación siendo un caso especial de ecuación constitutiva; expresándose como ecuación empírica resultante de un ajuste de datos experimentales.

2.5.4 Cizalla simple

La cizalla simple es uno de los casos más elementales de deformación.

Considérese un material contenido entre dos placas paralelas, una inferior que está inmóvil y otra superior que se desplaza en su propio plano una distancia x al estar sometida a una fuerza F que actúa paralela a la placa (Dealy, 1982). Cada elemento estará sometido a la misma deformación, que vendrá dada por:

$$\gamma = dx / dy \quad (2.5.4)$$

Donde γ es la deformación por cizalla, siendo dx el desplazamiento de la superficie superior del elemento con respecto a la superficie inferior en la dirección x y dy la altura del elemento. Como la deformación es uniforme e independiente del tamaño de las placas, puede representarse en función de la distancia entre placas h y del desplazamiento de la placa superior x , así:

$$\gamma = x / h \quad (2.5.4.1)$$

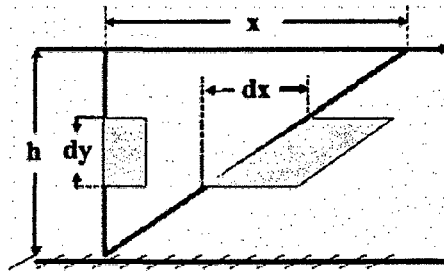


Figura N°27 Deformación por cizalla simple

Generalmente, para el estudio de fluidos, se somete el material a una cizalla continua aplicando una fuerza constante F en la dirección x , que alcanza una velocidad constante v . De tal forma la velocidad de un elemento material se caracteriza por:

$$dv = dx / dt \quad (2.5.4.3)$$

Así, la velocidad de cizalla o velocidad de deformación por cizalla se define como:

$$\dot{\gamma} = \frac{d\gamma}{dt} = \frac{d\left(\frac{dx}{dy}\right)}{dt} = \frac{d\left(\frac{dx}{dt}\right)}{dy} = \frac{dv}{dy} \quad (2.5.4.4)$$

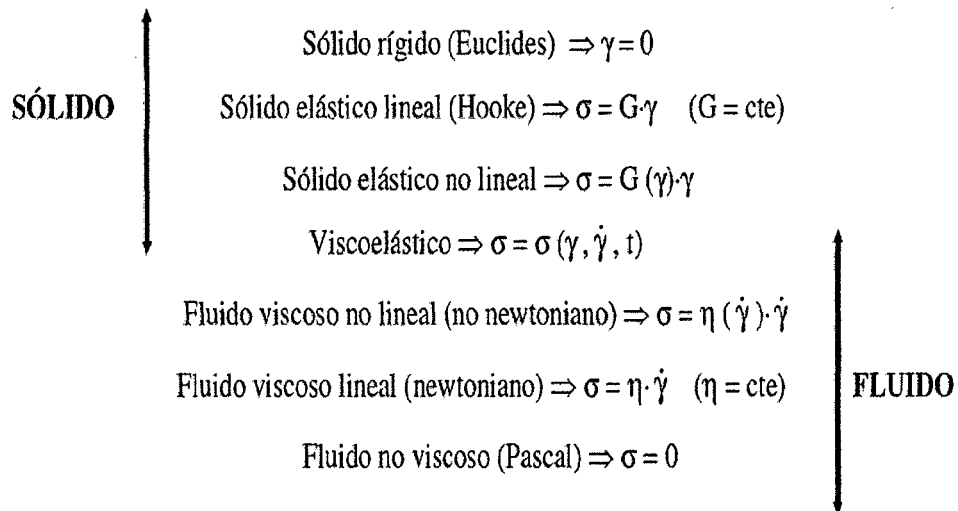
o por la siguiente expresión:

$$\dot{\gamma} = \frac{d\gamma}{dt} = \frac{d\left(\frac{x}{h}\right)}{dt} = \frac{\left(\frac{dx}{dt}\right)}{h} = \frac{v}{h} \quad (2.5.4.5)$$

Esto indica que la velocidad de deformación es constante a través del material.

2.5.5 Clasificación de los distintos comportamientos reológicos

Los materiales se pueden clasificar reológicamente con respecto a la relación existente entre el esfuerzo aplicado y la deformación o velocidad de deformación en cizalla simple (Darby, 1976), como puede observarse a continuación:



Una clasificación más correcta debe tener en cuenta que un material puede presentar un comportamiento u otro dependiendo de la magnitud del esfuerzo o de la deformación aplicada, así como de la historia de cizalla previa.

2.5.5.1 Comportamiento en flujo estacionario. Fluidos newtonianos

Los fluidos newtonianos son aquellos en los que los valores de esfuerzo cortante y velocidad de cizalla mantienen una relación de proporcionalidad directa, cumpliendo la denominada ley de Newton de la viscosidad:

$$\tau = \eta \dot{\gamma} \quad (2.5.5.1)$$

Donde η es una propiedad reológica del material denominada viscosidad dinámica o newtoniana, que

sólo depende de la naturaleza del material y de las condiciones de presión y temperatura.

La viscosidad se puede definir como una medida de la intensidad de disipación de energía necesaria para mantener la deformación continua de un fluido, y su unidad en el Sistema Internacional es Pascal por segundo (Pa·s).

Para que un fluido sea newtoniano debe cumplir que la viscosidad no varíe con la velocidad ni el tiempo de cizalla, sean nulas las dos diferencias de esfuerzos normales y que el esfuerzo sea nulo inmediatamente después de que cese la cizalla.

Presentan comportamiento newtoniano los sistemas con estructura sencilla, como el agua, aceites minerales, disoluciones diluidas de polímeros.

2.5.5.2 Comportamiento en flujo estacionario. Fluidos no newtonianos

Cualquier fluido cuyo comportamiento reológico no pueda ser descrito mediante la ecuación 2.5.5.2 se define como no newtoniano. Presentan este comportamiento disoluciones que contienen macromoléculas, emulsiones, suspensiones concentradas, cristales líquidos y fases micelares, etc. (Asada y Onogi, 1983; Ahuja, 1984; Marrucci, 1984; Gallegos y col., 1988a).

Se pueden realizar medidas de τ y $\dot{\gamma}$ en flujos en cizalla estacionaria, definiéndose el cociente entre ambas magnitudes como viscosidad aparente:

$$\eta(\dot{\gamma}) = \tau / \dot{\gamma} \quad (2.5.5.2)$$

Los fluidos no newtonianos se pueden clasificar por la forma en la que η varía con $\dot{\gamma}$ (curva de flujo) o en

términos de la variación de la viscosidad aparente con $\dot{\gamma}^\circ$ (curva de viscosidad) (Darby, 1976). En la figura se presentan las curvas de flujo y viscosidad características de este tipo de fluidos. Según la evolución de la viscosidad con la velocidad de cizalla, se clasifican como pseudoplásticos, dilatantes o fluidos plásticos.

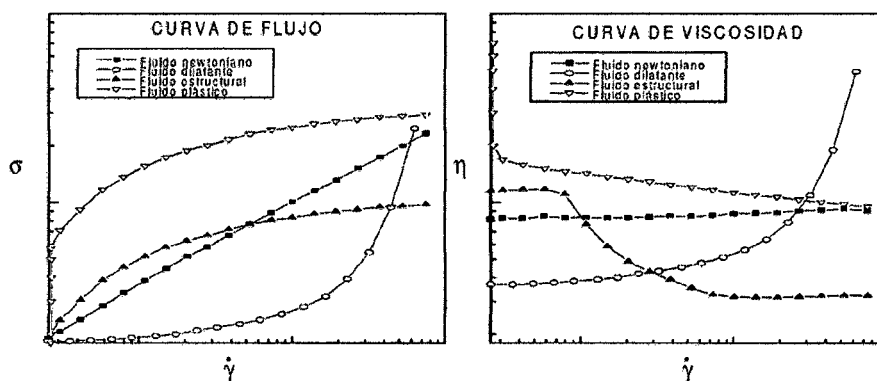


Figura N° 27: Curvas de flujo y viscosidad

a) Materiales pseudoplásticos

Estos materiales muestran un descenso en viscosidad aparente según aumenta la velocidad de deformación. Algunos ejemplos característicos son las fases micelares de disoluciones de tensioactivos, polímeros y sus disoluciones, suspensiones, emulsiones, etc. (Madiedo y col., 1994a; Hudson y Ferguson, 1994; Martín y col., 1994). Un ejemplo muy extendido de pseudoplasticidad es el comportamiento estructural relacionado con un cambio en la estructura del material al aumentar $\dot{\gamma}^\circ$, caracterizado por tres zonas bien diferenciadas (Reiner, 1960). El comportamiento es newtoniano a bajas velocidades de deformación con una viscosidad constante η_0 en la primera zona. La zona

intermedia posee características pseudoplásticas en la que se produce una disminución de viscosidad. A altas velocidades de deformación presenta un comportamiento newtoniano caracterizado por una viscosidad límite η_{∞} . Las diferentes regiones se relacionan con cambios en la estructura del material al aumentar la velocidad de deformación. En la figura se observa el resultado de aplicar una determinada cizalla a una dispersión. Así, las partículas contenidas en el líquido se orientan en la dirección del flujo, mientras que las moléculas en forma de cadena se desenredan, estiran y orientan paralelas a la dirección del flujo. Aquellas partículas que poseen forma esférica pueden deformarse adquiriendo una forma alargada y las que forman agregados pueden separarse.

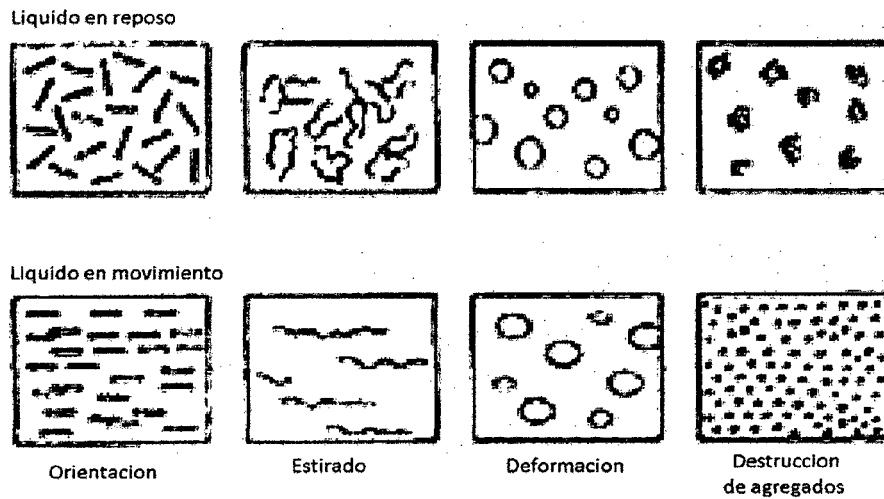


Figura N° 28: Dispersiones en estado de reposo y al fluir por un tubo.

b) Materiales dilatantes

Estas sustancias muestran un aumento de la viscosidad aparente al aumentar la velocidad de deformación, experimentando una dilatación al someterse a dichos esfuerzos cortantes. Algunas suspensiones concentradas de partículas sólidas, proteínas y ciertas disoluciones de polímeros y detergentes presentan este comportamiento (Ferguson y Kemblowski, 1991).

c) Materiales plásticos

La plasticidad es un fenómeno que presentan aquellas sustancias que se comportan como sólidos elásticos, almacenando una cierta cantidad de esfuerzo, cuando se someten a una cierta cantidad de esfuerzo menor que un cierto valor σ_0 , denominado esfuerzo umbral. El material tiene el comportamiento de un fluido cuando el esfuerzo supera el esfuerzo umbral, aunque si el valor del esfuerzo es inferior al del esfuerzo umbral se comporta como un sólido elástico. Como ejemplos de esta situación se encuentran pastas, suspensiones, emulsiones, grasas, pinturas, cristales líquidos, etc. (van Wazer y col., 1963; Yoshimura y col., 1987; Cheng, 1986). En 1985 Barnes y Walters cuestionaron la existencia real del umbral de fluencia como propiedad reológica (Barnes y Walters, 1985; Barnes 1992). Se matiza la definición de este concepto como "el esfuerzo de cizalla por debajo del cual no se observa flujo bajo las condiciones experimentales utilizadas". Si se utilizaran reómetros capaces de medir velocidades de deformación del orden de 10^{-6} s⁻¹ podría apreciarse como fluyen materiales aparentemente plásticos. No obstante, la

utilidad práctica del umbral de fluencia sigue vigente en la práctica industrial.

2.5.5.2.1 Comportamiento dependiente del tiempo de cizalla

Si el ajuste de la estructura del flujo a cambios en la velocidad de deformación requiere un período de tiempo significativo, se encontrará que la viscosidad medida en un experimento en cizalla simple no varía sólo con la velocidad de deformación, sino también con el tiempo (Lapasin, 1980; Beneyto y col., 1980; Rizvi, 1981; Quemada y col., 1984).

$$\eta = \eta (\dot{\gamma}, t) \quad (2.5.5.2.1.)$$

Existen una serie de fenómenos reológicos dependientes del tiempo tales como:

- Tixotropía: cuando la viscosidad disminuye con el tiempo de cizalla, pero al cesar la cizalla, la viscosidad recupera su valor inicial (Groves y Ahmad, 1976). Se presenta en pinturas, productos alimentarios y cosméticos, medicamentos, etc.
- Antitixotropía: cuando la viscosidad aumenta con el tiempo de cizalla y tras el cese de la cizalla se recupera con el tiempo la viscosidad inicial.
- Reopexia: se produce un aumento de la viscosidad por recuperación estructural del sistema cuando es acelerada por vibraciones de ciertas características.
- Reodestrucción: es un descenso de la viscosidad con el tiempo pero sin que se produzca una recuperación completa con el tiempo de la viscosidad inicial al cesar la cizalla.

- Tixotropía irreversible: es una disminución de la viscosidad con el tiempo sin que se produzca recuperación de viscosidad alguna tras el cese de la cizalla.

Existen diversas técnicas experimentales para evaluar este tipo de comportamiento reológico, denominadas medidas de flujo transitorio. La más extendida tradicionalmente consiste en aumentar de forma lineal y progresiva la velocidad de cizalla y posteriormente hacerla descender, también de forma gradual. En los casos en que la muestra presenta un comportamiento dependiente del tiempo las dos curvas no coinciden, originándose un ciclo de histéresis. El área de este ciclo es una medida del grado de tixotropía del sistema.

Actualmente se emplea en mayor grado el estudio de la variación del esfuerzo a una velocidad de cizalla constante, finalizando cuando éste alcanza un estado estacionario.

La característica más destacable que presentan los fluidos que exhiben este comportamiento es que aparece un esfuerzo máximo o sobreesfuerzo, seguido de un descenso del esfuerzo hasta alcanzar el estado estacionario (Kokini y Dickie, 1981).

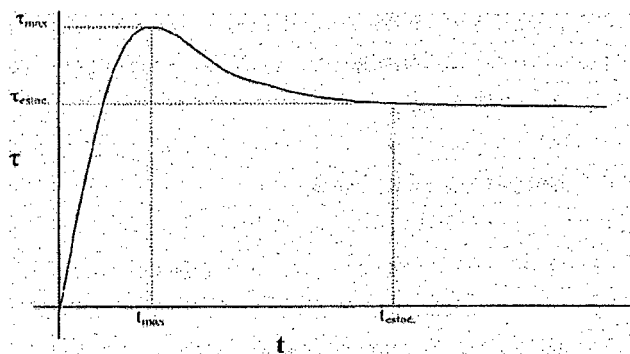


Figura N° 29: Curva característica de un ensayo de flujo transitorio a velocidad de cizalla constante.

Esta variación característica del esfuerzo de cizalla con el tiempo, a velocidad de cizalla constante, se puede justificar mediante cambios estructurales en el material (tixotropía), pero también hay autores que lo atribuyen a la viscoelasticidad del material, o a ambos simultáneamente (Gallegos y Franco, 1999a).

2.5.6 Materiales Tiempo-Dependientes.

Idealmente, los materiales tiempo-dependientes son considerados ser inelásticos con una función de viscosidad que depende del tiempo. La respuesta de la sustancia al estrés es instantánea y el comportamiento tiempo-dependiente es debido a cambios en la estructura del mismo material. Los materiales tixotrópicos y reopécticos exhiben un esfuerzo de cizalla (y viscosidad aparente) decreciente y creciente durante el tiempo a una velocidad de cizalla establecida. Hay un acuerdo general que el término tixotropía se refiere al decrecimiento tiempo-dependiente de la viscosidad, debido a la cizalla, y la subsecuente recuperación de la viscosidad cuando la cizalla es removida (Steffe, 1996).

Tixotropía en muchos fluidos alimenticios puede ser descrita en términos del fenómeno de transición sol-gel. Por ejemplo, alimentos que luego de ser manufacturados y puestos en sus contenedores desarrollan lentamente una red tridimensional y pueden ser descritos como gel. Cuando son sujetos a cizalla, la estructura es desglosada y los materiales alcanzan un mínimo de grosor donde existe el estado sol, en alimentos eso muestra reversibilidad, la red es reconstruida y el estado gel se obtiene (Steffe, 1996).

2.5.7 Comportamiento Reológico De Fluidos.

El comportamiento reológico de fluidos alimenticios es complejo y es influenciado por numerosos factores, como la viscosidad aparente,

velocidad de cizalla, temperatura, contenido de humedad, historia térmica y esfuerzo de cizalla (Steffe, 1996).

La modelación provee un promedio que representa a una gran cantidad de datos reológicos en términos de una expresión matemática simple. Ejemplos de modelos que han sido ampliamente utilizados para describir las propiedades de flujo son los modelos de: Ley de la potencia, Carreau, Casson, Bingham y Herschel-Bulkley (Peressini *et al.*, 1998; Guilmineau y Kulozik, 2007; Batista *et al.*, 2006). Una característica importante del modelo de Herschel-Bulkley, el cual incorpora elementos de los modelos Ley de la potencia y Bingham, es que considera la presencia de un umbral de fluencia.

El umbral de fluencia es definido como el esfuerzo de cizalla mínimo requerido para iniciar el flujo. La existencia del umbral de fluencia ha sido desafiado usando el argumento que todo fluye dado suficiente tiempo o un equipamiento de medición muy sensible (Steffe, 1996).

2.5.8 Reología de Mayonesas

La reología de la mayonesa ha sido estudiada intensamente en su influencia en la actitud del consumidor, no solo en la textura y sabor, sino también en las propiedades funcionales, como la aplicación en ensaladas, papas fritas u otras comidas (Peressini *et al.*, 1998; Scarontern *et al.*, 2001; Izidoro *et al.*, 2007; Liu *et al.*, 2007).

La reología de mayonesas ha sido investigada por varios autores debido a su importancia en la elección de la formulación, condiciones de proceso, y control de calidad. La mayonesa presenta un umbral de fluencia, un comportamiento pseudoplástico y características tiempo dependientes (Liu *et al.*, 2007).

El comportamiento reológico de la mayonesa es muy complejo. Es un material que no cumple la ley de Newton de la viscosidad, pudiendo exhibir una variedad de efectos tales como umbral de fluencia y dependencia del tiempo y de la velocidad de cizalla. Además, sus propiedades pueden depender de la historia previa tanto térmica como de cizalla a la que ha sido sometida.

Para caracterizarla no es suficiente con definir su comportamiento frente a la velocidad de cizalla, sino que es necesario determinar su dependencia con el tiempo de cizalla y el grado de componente elástica, responsable de la memoria que posee de deformaciones pasadas (García *et al.*, 1988).

Los métodos experimentales usados para el estudio reológico de las mayonesas son los de cizalla estacionaria y dinámica. En el primero se puede distinguir entre estacionario respecto al esfuerzo cortante y respecto a la velocidad, el cual, a su vez, puede ser realizado a velocidad constante o no (García *et al.*, 1988).

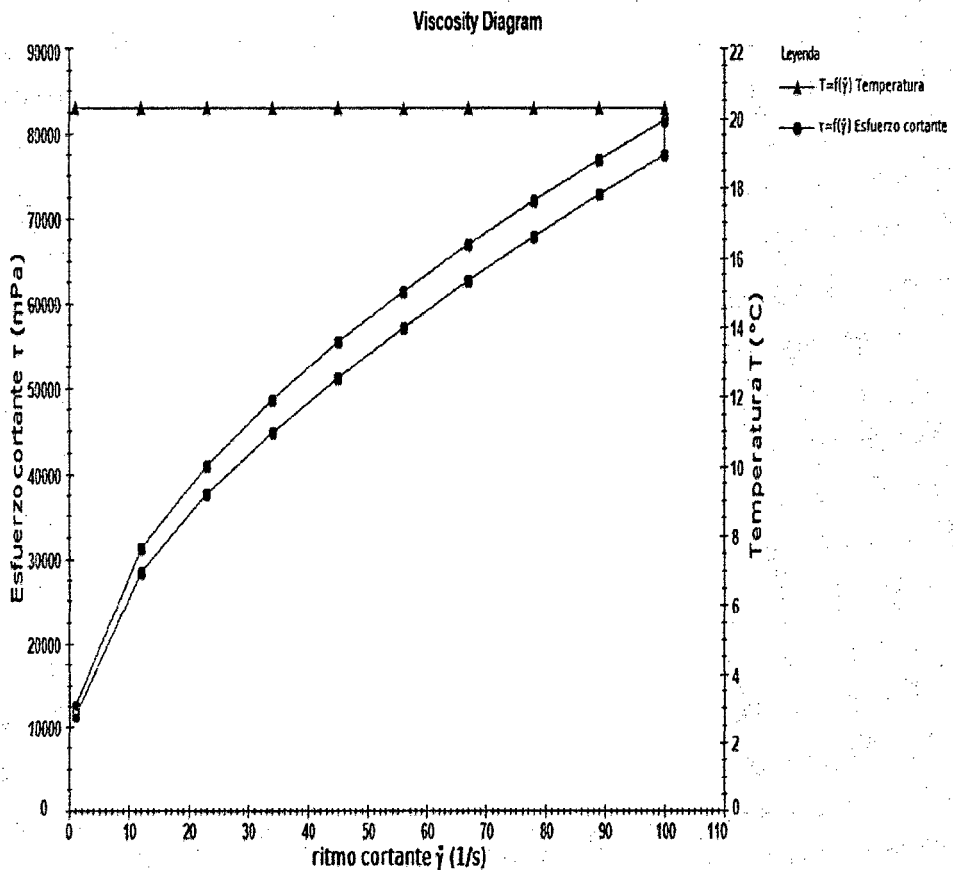


Grafico N° 1: Comportamiento reológico de la mayonesa (García, 1988).

2.6 Características organolépticas de la mayonesa

Es la propiedad que poseen las sustancias que se pueden percibir por los sentidos (sabor, color aroma, etc.). Para el consumidor, los atributos más importantes de los alimentos los constituyen sus características organolépticas (textura, aroma, forma y color). Son éstas las que determinan las preferencias individuales por determinados productos. Pequeñas diferencias entre las características organolépticas de productos semejantes de marcas distintas son a veces determinantes de su grado de aceptación.

Según Sensolab (2005), la prueba de aceptación en la evaluación sensorial intenta cuantificar la preferencia de los sujetos por un producto, midiendo cuánto les gusta o les disgusta, es decir, el grado de satisfacción.

2.6.1 Evaluación Sensorial:

La evaluación sensorial de los alimentos es una disciplina científica usada para evocar, medir, analizar e interpretar reacciones hacia las características de los alimentos y materiales. La evaluación sensorial también nos proporciona información sobre la calidad de los alimentos evaluados y las expectativas de aceptabilidad de parte del consumidor. (Liria, 2007).

Según Witting (2001), la investigación de los alimentos comprende, tanto la determinación de su calidad tecnológica a base de análisis físicos, químicos y microbiológicos como de su calidad estética mediante la apreciación de sus características organolépticas. El método del análisis sensorial permite determinar en forma mucho más científica y objetiva que tanto influyen las características organolépticas en el consumidor en cuanto a aceptabilidad del alimento o bebida.

Para la industria alimentaria es importante disponer de sistemas y herramientas que permitan controlar y mejorar la calidad de los alimentos. Una de estas herramientas es la evaluación sensorial que

es una disciplina integrada; que permite establecer el grado de aceptación o rechazo de un producto. También mide y cuantifica las características de los alimentos, productos, ingredientes o modelos evaluables por los sentidos humanos. Es tan importante como la evaluación física, química y microbiológica, porque tiene la ventaja de que las personas que efectúan las pruebas son los instrumentos de medición.

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente se puede citar la definición de evaluación sensorial que brinda la División de Evaluación Sensorial del Instituto de Tecnólogos de Alimentos (IFT) de Estados Unidos de Norteamérica:

“la disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído”

2.6.2 Pruebas analíticas utilizadas en la evaluación sensorial.

Torricela, Zamora y Pulido (2007), sustentan que las pruebas sensoriales se clasifican, de acuerdo con los objetivos que se persiguen, en dos grandes grupos: analíticas y afectivas. Las afectivas se dirigen, fundamentalmente, hacia los consumidores y pretenden evaluar su aceptación o preferencia por un determinado producto. Generalmente requieren 200 o más consumidores, sin embargo (Liria, 2007) es posible realizarlas con un grupo de entre 75 a 150 personas. Las pruebas analíticas se diferencian de las anteriores en que se necesitan catadores adiestrados en dar respuestas acerca de la calidad sensorial del producto sin tener en cuenta sus gustos o preferencias personales.

Las pruebas analíticas tienen por objetivo la evaluación o análisis discriminativo o descriptivo de las diferencias entre productos y la calidad mediante un grupo reducido de catadores experimentados, adiestrados o poco adiestrados. Las pruebas afectivas tienen por

objeto la evaluación de la aceptabilidad o preferencia de un producto por lo que trabaja con un gran número de catadores no adiestrados, es decir, consumidores representativos de la población. (Torricela, Zamora y Pulido 2007)

- **Pruebas afectivas:**

Cuando un investigador de productos necesita determinar el estado afectivo de un producto, ósea que tan bien es aceptado por los consumidores, una prueba de aceptación es la elección correcta y el producto es comparado con un producto parecido de la misma compañía o con un producto de la competencia usando una escala hedónica (Meilgaard, 2006).

Las pruebas afectivas son aquellas en las cuales el panelista expresa su reacción subjetiva ante el producto, indicando si le gusta o le disgusta, si lo acepta o lo rechaza, o si lo prefiere a otro. Estas pruebas son las que presentan mayor variabilidad en los resultados y son más difíciles de interpretar.

Es necesario determinar si se desea evaluar simplemente preferencia o grado de satisfacción (gusto o disgusto), o si también se quiere saber cuál es la aceptación que tiene el producto entre los consumidores. En este último caso, los cuestionarios deberán contener no solo preguntas acerca apreciación sensorial del alimento, sino también otras destinada a conocer si la persona desearía o no adquirir el producto.

De acuerdo con la asociación catalana de Enólogos (2000), los test hedónicos evalúan el nivel de satisfacción de los consumidores respecto a las calidades intrínsecas del producto (embalaje, precio, marca, publicidad, etc.). Proporcionan una fotografía al instante de la apreciación de un producto o de una

gama de productos, por parte de una población de consumidores.

El análisis sensorial puede ser utilizado para llevar a cabo las siguientes actividades dentro de una compañía o industria alimentaria: desarrollo del producto, reformulación de un producto/reducción del coste; monitorización de la competencia, control de calidad, caducidad o vida útil del producto, relación proceso/ ingredientes/ analítica sensorial.

Dentro de las pruebas afectivas o hedónicas podemos encontrar: pruebas de aceptabilidad, pruebas de grado de satisfacción y pruebas de preferencia. Dentro de estas últimas se encuentran preferencia pareada simple y preferencia tipo categorías. (Liria, 2007).

– **Pruebas de Preferencia:**

Se aplican cuando se desea conocer si los panelistas prefieren cierta muestra sobre otra. Esta prueba es similar a una prueba discriminativa de comprobación apareada simple, pero con la diferencia de que en una prueba de preferencia no se busca determinar si los panelistas pueden distinguir entre dos muestras – donde no importan sus gustos personales – si no que se quiere evaluar si realmente prefieren determinada muestra.

La prueba es muy sencilla y consiste simplemente en pedirle al panelista que diga cuál de las dos muestras prefiere.

Para la interpretación de los resultados se utiliza una tabla. En ella se localiza el número de panelista y según el nivel de significancia escogido. Se ubica el número mínimo de respuestas coincidentes. Si el número obtenido es mayor o igual que el de la tabla, se podrá afirmar que existe una diferencia significativa en la preferencia de una muestra sobre la otra.

– **Pruebas de Grado de Satisfacción:**

Se utilizan cuando se debe evaluar más de dos muestras a la vez o cuando se desea obtener mayor información acerca de un producto. Para llevar a cabo estas pruebas se utilizan las escalas hedónicas las que pueden ser verbales o gráficas, y la elección del tipo de escala depende de la edad de los jueces y del número de muestras a evaluar.

Los valores numéricos obtenidos en estas pruebas pueden ser tratados como cualquier otra dimensión física y por tanto pueden ser graficados, promediados, sometidos a análisis estadísticos tales como: prueba “t” de student, prueba “F” análisis de varianza análisis de regresión, etc.

– **Pruebas de Aceptación:**

Para que un alimento pueda ser adquirido por una persona no basta que le guste. El deseo de una persona de adquirir un producto se llama aceptación y no solo depende de la impresión agradable o desagradable del panelista sino también de aspectos culturales, socioeconómicos, de hábitos, etc.

2.6.3 Percepción y atributos sensoriales

El proceso sensorial se inicia con la presencia de un estímulo que actúa sobre los receptores sensoriales. Se define el estímulo como el agente químico o físico que produce la respuesta de los receptores sensoriales externos o internos. El impulso nervioso, creado por el receptor sensorial, se transmite por el sistema nervioso al cerebro que lo interpreta como sensación (Sancho *et al.*, 1999).

• **Aspecto:**

Es muchas veces el único atributo en el cual se basa la decisión de comprar o consumir un alimento. Las características de apariencia o aspecto son, entre otras, el color (generalmente el

deterioro de un alimento está acompañado por cambios de color), la forma y el tamaño (largo, ancho, forma geométrica, tamaño de partículas), el brillo o la turbidez.

En la mayonesa, Líquido emulsificado blanco.

- **Viscosidad:**

La viscosidad depende de la propiedad del líquido, que es debido a la magnitud de su resistencia debida a las fuerzas de cizalla en su interior, que influye en las características de flujo (Singh y Heldman, 1998).

Según la universidad central de Venezuela, departamento de tecnología de alimentos (2006), la viscosidad es la resistencia de un líquido a fluir, en donde la unidad es expresada en poise ($\text{g/cm}^2\text{s}$), pero se utiliza centipoise que es un submúltiplo. La viscosidad se mide por medio de viscosímetros, el cual va depender del tipo de flujo:

- Viscosímetro de Ostwald: para flujo a través de un tubo capilar.
- Viscosímetro de Saybolt: para flujo a través de un orificio.
- Viscosímetro de Stormer y Brookfield: rotación de un cilindro o aguja en el líquido.

- **Color:**

El color es el principal atributo de calidad que tiene el consumidor a la hora de seleccionar un alimento. El estudio del color en los alimentos tiene una gran importancia en la industria de los alimentos debido a que se está usando como herramienta para la automatización y control de procesos de la elaboración de diversos productos y en el control de calidad del producto acabado.

El color en los alimentos depende fundamentalmente de las transformaciones que tienen lugar sobre los pigmentos propios o adicionados a los alimentos. Muchos de los cambios de color que

ocurren durante la elaboración de los alimentos son característicos de los mismos. El seguimiento tanto de procesos de elaboración como de las alteraciones de los alimentos puede realizarse mediante la determinación del color (Pérez, 2007).

- **Textura:**

Según Costell (2002), la textura es uno de los atributos primarios que junto con el sabor y olor, conforman la calidad sensorial de los alimentos. Cuando se quiere evaluar este aspecto de la calidad, o de alguno de los atributos que la integran, es decir, el resultado de las sensaciones que los humanos experimentamos al ingerir el alimento, el único camino de que en principio dispone es preguntárselo a sí mismo, ya que la calidad sensorial no es una propiedad intrínseca del alimento, sino el resultado de la interacción entre éste y nuestros sentidos. El análisis de la composición química y de las propiedades físicas de un producto aporta información sobre la naturaleza del estímulo que percibe el consumidor, pero no sobre la sensación que éste experimenta al ingerirlo.

- **Olor:**

El olor de un producto se detecta cuando sus componentes volátiles entran en la cavidad nasal y se perciben por el sistema olfatorio. Se define aroma como el olor de un producto alimenticio y fragancia como el olor de un perfume o cosmético. La cantidad de sustancias volátiles que libera un producto depende de la temperatura y de la naturaleza de sus componentes. No existe hasta el momento ninguna estandarización internacional en la terminología empleada para describir olores (Pérez, 2007).

En la mayonesa, el olor es el característico a la yema de huevo y aceite vegetal dándole el limón un aroma agradable al consumidor. (S. Sánchez, 2011)

- **Sabor:**

El sabor o flavor de un alimento define una sensación compleja que se obtiene por la estimulación de los órganos de varios sentidos en la boca, que incluyen gusto, olfato y sensaciones químicas. Estas últimas se perciben por el sentido químico común cuando se estimulan las terminaciones nerviosas de la mucosa nasal, bucal y faringe (astringencia, picor, frescura, calor, pungencia, sabor metálico) (Camacho, 2007).

Buen sabor al acompañar a diversos alimentos. Se obtiene mezclando *yema de huevo, aceite, sal y vinagre o jugo de limón*. No se debe abusar de ella, pero comerla en pequeñas cantidades es muy bueno.

El aporte nutricional de la mayonesa es básicamente el mismo que el del aceite vegetal con que se elabora, por lo que es rica en sales minerales de sodio, potasio y calcio, e importante fuente de grasas, por lo que aporta energía. (S. Sánchez, 2011)

2.7 Usos de la mayonesa

Se emplea como acompañamiento de carnes, pescados, mariscos y hortalizas, así como de diversos alimentos preparados, por ejemplo: ensaladas, hamburguesas, sándwiches, pastas, patatas fritas, etc. Se emplea en la elaboración de ensaladas como la ensaladilla rusa, la ensalada de pollo, patatas o atún, o en el *cóctel de gambas*. Por su consistencia, se emplea frecuentemente como decoración. La mayonesa es blanca, cremosa y muy delicioso, Es uno de los alimentos más incomprensidos de todo, con la imagen de él que es un alimento asesino de persistir en la mayoría de las mentes por el contenido de colesterol. (Bagley y Christian, 1987)

La mayonesa es un elemento muy versátil, como lo prueba los siguientes usos:

2.7.1 Adorno culinario en los alimentos.

La mayonesa es mucho más que una simple salsa, de rico sabor y es el complemento de comidas típicas, donde se añade un toque sutil de su propio gusto. Usos de alimentos incluyen:

- Se sirve como salsa con papas fritas francés, huevos duros o aros de cebolla.
- Se utiliza como una extensión de sándwiches, hamburguesas, wraps, perritos calientes, submarinos, etc.
- Se utiliza como ingrediente de la mezcla se espese y agregar sabor a las ensaladas, como el atún, huevo y la gallina.
- Se utiliza para hacer la salsa tártara, aderezo Thousand Island, aderezos para ensalada rusa y aderezo ranch.
- Se puede añadir a otras salsas y condimentos como el engrosamiento de la base de un ingrediente, como por ejemplo a, el ketchup y la salsa picante de mostaza y azúcar morena o simplemente la salsa de tomate normal (Bagley y Christian, 1987).

2.7.2 Producto de belleza.

Usa exclusivo para el pelo y la cara. No deja malos olores. La mayonesa es una ayuda de la belleza muy versátil y única (Sáenz y Castell, 1986) Algunos usos son:

- Como un acondicionador para el cabello: Después de aplicar y enjuagar el champú regular, use una cucharada de mayonesa en el cabello. Masaje en profundidad, desde el cuero cabelludo a la punta de cada cabello. Dejar actuar durante 1 hora y luego enjuague. Lávese el cabello con champú una vez más, para librarse de cualquier olor. La mayonesa puede convertir su pelo más sedoso y suave, con un brillo a la misma (Sáenz y Castell, 1986).
- Como un tratamiento a las quemaduras solares: Para aquellos parches dolorosos, la piel tostada por el sol, difundir unguento de Mayonesa en la zona afectada, para lograr un efecto fresco y suave, que hidrata la piel (Bagley y Christian, 1987).

- Como un removedor de piel muerta: La piel seca y escamosa en los codos y los pies pueden ser desterrado con un poco de mayonesa. Aplicar un poco de mayonesa en la piel, dejarla actuar durante 5-10 minutos y luego limpie con un paño húmedo (Bagley y Christian, 1987).
- Como un producto facial: deja su rostro resplandeciente, actúa de igual forma que la mayoría producto de belleza costosos como L'Oreal, Dove. Se puede utilizar la mayonesa como un producto de limpieza para la cara. Aplique un poco sobre tu cara, repartidos de forma uniforme y dejar actuar durante 20 minutos. A continuación, limpiar y lavar, para sentirse lisa y suave en su cara (Sáenz y Castell, 1986).
- Como un fortalecedor de uñas: Para las cutículas lindo y la prevención de las uñas rotas o con moretones, sumergirlos en un poco de mayonesa por un rato, y luego enjuague (Bagley y Christian, 1987).
- Como tratamiento para piojos: Los piojos son parásitos, cualquier tratamiento que pueda deshacerse de los bichos que pican poco es una ayuda. La mayonesa es grasosa y gruesa, se ahoga piojos que se mueven. Aplique mayonesa en el cabello, bata bien y luego cubrirlo con un gorro de ducha o una envoltura de plástico. Mantenga esta mezcla durante 8 horas, luego tomar una ducha con una gran cantidad de agua (Sáenz y Castell, 1986).

2.7.3 Alrededor de la casa.

La mayonesa es muy útil para las tareas del hogar a veces olvidadas, pero pequeño, como:

- La eliminación de manchas de alquitrán y grasa en un coche o en bicicleta.
- Quitar el residuo pegajoso de pegatinas de parachoques de los coches.
- Limpieza de las hojas de planta de la casa, para que se den brillante y brillante.

- Limpieza de las teclas de marfil de un piano.
- Limpieza de las marcas de lápices de colores y los anillos de agua de los muebles.
- Para deshacerse de la goma de pelo y quitar los anillos en los dedos pegados.
- En la mayoría de los usos mencionados, mayonesa real o conjunto debe ser utilizado. Las versiones bajas en grasa o reducida simplemente no son lo suficientemente grasosa. Para los observadores de peso y dieta, la mayonesa puede ser un enemigo mortal. Y las personas alérgicas al huevo, se deben tener alejado de la mayonesa Sin embargo, las versiones vegetarianas de mayonesa, así como las versiones bajas en grasa o reducida pueden ser sustituidas y utilizado. La conclusión es que el tiempo que su dieta es equilibrada, comer mayonesa con moderación, con ensaladas o como salsa se puede hacer ningún daño (Sáenz y Castell, 1986).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Lugar de Ejecución

Departamento : Ancash

Provincia : Santa

Distrito : Nuevo Chimbote

- Laboratorio de Investigación de Productos Agroindustriales de la escuela académico profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA.
- Laboratorio de operaciones unitarias de la Escuela académico profesional de Enfermería de la UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA.
- Laboratorio de la Biología de la Escuela académico profesional de Enfermería de la UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA.

3.2 Materia Prima, Materiales de Laboratorio, Equipos y Reactivos.

3.2.1 Materia prima

- Huevos
- Aceite
- Azúcar
- Sal
- Limón
- agua
- Pimienta
- Vinagre

3.2.2 Reactivos

- Nitrógeno (gas)
- Alcohol (98%)
- NaOH (1N)
- Agua destilada.

3.2.3 Materiales de vidrio

- Probetas (50 y 60ml)
- Vasos precipitados (500 y 1000ml)
- Tubos de ensayo.
- Pipeta de (1, 2, 5, 10)ml
- Matraz (100ml)

3.2.4 Otros materiales

- Pinzas de metal.
- Termómetro
- Mortero
- Espátula
- Baño Maria

3.2.5 Equipos

- **Liofilizador**
Marca: LABCONCO
Proc: U.S.A
Serie: 121066616F
- **Equipo: Centrifuga Digital Refrigerada**
Marca: SARTORIUS
Modelo: SIGMA – 2 – 16PK
Proc: ALEMANA
Velocidad: 15 000 rpm.

Motor: 1 HP Eléctrico

- **Equipo: Balanza de Precisión Electrónica**

Marca: PRECISA

Modelo: XB 320M SCS

Proc: SUECIA

Serie: 321LX

MÁX. 4200 gr. MIN. 0,5 gr.

e = 0,1 gr.

- **Equipo: Balanza Analítica**

Marca: PRECISA

Modelo: LX220A

Proc: SUIZA

Serie: 321LX

MÁX. 220 gr. MIN. 0,01 gr.

e = 0,001 gr.

- **Refrigeradora**

Marca: Fiocchi

Modelo: LABOR 500

SERIE: LAB0500B1TV496

- **Reómetro (R/S Plus – Rheometer)**

Marca: Brookfield

Tipo: Rheometer R/S Plus

SN: 7020085

Spin = N° CC40

N° CC25

- **Colorímetro**

Marca: Chroma Meter CR- 400

Modelo: Measuring Equipment

SERIE: A 8203045

- **Medidor de pH y Conductividad**

Marca: THERMO SCIENTIFIC

Modelo: ORION STAR A211

Proc: SINGAPUR

Electrodo: Ross Ultra PH/ATC Triode Made in USA.

Serie: 8302BNUMD

- **Equipo de medición de Actividad de agua**

Marca: Rotronic

Modelo: Hygrolab

SERIE: 30024001/96482

Proc: SUECIA

- **Sensor del equipo de actividad de agua**

Marca: Rotronic

Modelo: AW-DIO

SERIE: 29576010/96483

Proc: SUECIA

- **Analizador de Humedad**

Marca: PRECISA

Modelo: XM50

Proc: SUECIA

Serie 335XM

max 52gr min 0.002gr d =0.001g

e=0.001g

3.3 Metodología

3.3.1 Tipo de investigación:

- Experimental y aplicada.

3.4 Planteamiento Experimental

3.4.1 Hipótesis

La mejor formulación es la sustitución del 3% de yema de huevo liofilizado como agente emulsificante sobre las propiedades reológicas y sensoriales para desarrollar una mayonesa con características similares a las de la mayonesa típica (comercial).

3.4.2 Variables

Las variables a analizar son las siguientes:

3.4.2.1 Variable independiente:

- Formulación 1: 2g. de yema de huevo liofilizado (1.5%).
- Formulación 2: 4g. de yema de huevo liofilizado (3.0%)
- Formulación 3: 6g. de yema de huevo liofilizado (4.5%)

3.4.2.2 Variable Dependiente:

- Índice de consistencia
- Índice de comportamiento de flujo
- Viscosidad aparente
- Análisis sensorial

3.5 Diseño Experimental y Análisis Estadístico

3.5.1 Diseño experimental

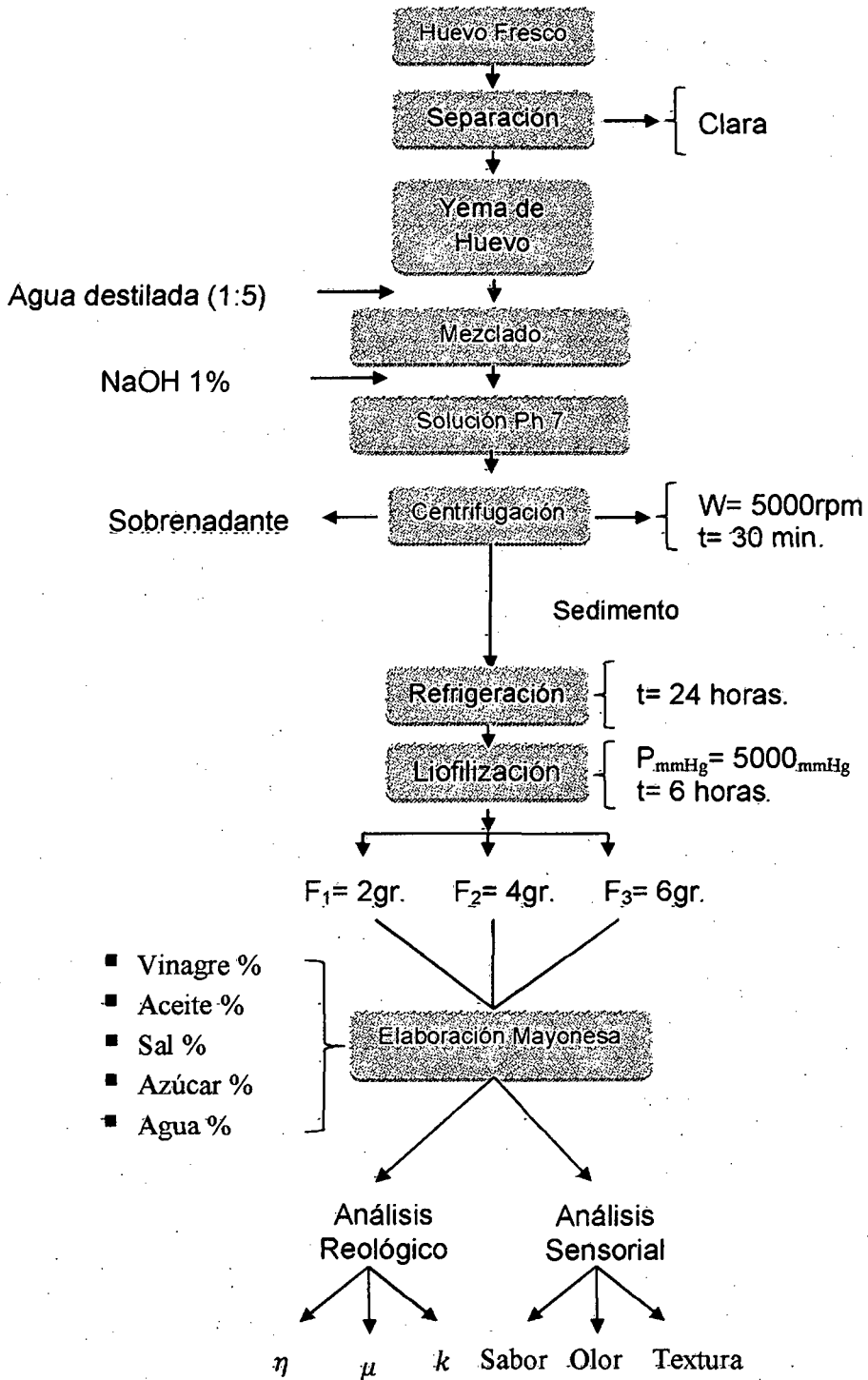


Figura N° 30: Diagrama de Flujo de la obtención de mayonesa a partir de la yema de huevo Liofilizado.

3.5.2 Análisis Estadístico

3.5.2.1 Modelo Estadístico

Los resultados que serán obtenidos de las formulaciones se someterán a un diseño completamente al azar cuyo modelo estadístico es el siguiente:

3.5.2.2 Modelo estadístico lineal

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

➤ Análisis del Índice de consistencia

Dónde:

Y_{ij} : es la (ij)-ésima observación del índice de consistencia.

μ : es la media global

τ_i : es la i-ésima formulación

ϵ_{ij} = Error experimental

$i = 1, 2, 3$

$j = 1, 2, 3, 4$

Cuadro N° 10: REPRESENTACIÓN DE EXPERIMENTO LINEAL.

FORMULACIÓN	j= OBSERVACIONES				TOTALES	PROMEDIOS
i=1	y_{11}	y_{12}	y_{13}	y_{14}	y	\bar{Y}_1
i=2	y_{21}	y_{22}	y_{23}	y_{24}	y	\bar{Y}_2
i=3	y_{31}	y_{32}	y_{33}	y_{34}	y	\bar{Y}_3
					$y_{..}$	$\bar{Y}_{..}$

Cuadro N° 11: ANÁLISIS DE VARIANZA LAS FORMULACIONES.

FUENTE DE VARIANZA	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F ₀
Formulaciones	SS _{FORMULACIONES}	a-1	MS _{FORMULACIONES}	$F_0 = \frac{MS_{FORMULACIONES}}{MS_{ERROR}}$
Error	SS _{ERROR}	N - a	MS _{ERROR}	
TOTAL	SS _{TOTAL}	N - 1		

Dónde:

SS_T = suma de cuadrados totales

n = número de repeticiones total

a = Formulaciones

Y_i = total del i-esimo tratamiento

SS_F = suma de cuadrados de las formulaciones

SS_E = suma de cuadrados del error

MS_F = cuadrados medios de las formulaciones

MSE = cuadrados medios de errores

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n Y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{N}$$

$$SS_{Tratamientos} = \sum_{i=1}^a \frac{Y_i^2}{N} - \frac{Y_{..}^2}{N}$$

➤ La suma de cuadrados del error se obtiene por diferencia:

$$SS_E = SS_T - SS_{Tratamientos}$$

3.6 Método de Análisis

3.6.1 Análisis Físicoquímicos

3.6.1.1 Determinación de Actividad de Agua de la yema de huevo liofilizado

Se midió la actividad de agua de la yema de huevo liofilizado, se utilizó el medidor de actividad de agua de marca Rotronic modelo: Hygrolab, y los resultados fueron un promedio de tres mediciones. (Método estándar de la Association of Official Analytical Chemists 978.18).

Procedimiento:

- Se prendió el Equipo 20 min antes de tomar la primera medición.
- Se colocó la yema de huevo liofilizado en el porta muestra (incluido en el equipo) y se tapó con el sensor de actividad de agua.
- Se esperó que el equipo indicara la lectura de la muestra.
- Se realizaron tres mediciones por muestra.

3.6.1.2 Determinación de humedad

Se midió el porcentaje de humedad de la yema de huevo liofilizado utilizando el equipo de %humedad marca PRECISA SWISSMADE Serie 335XM y los resultados fueron un promedio de tres mediciones. (Método estándar de la Association of Official Analytical Chemists 978.18).

Procedimiento:

- Se midió el porcentaje de humedad de la yema de huevo liofilizado para determinar cuanta humedad perdió durante la liofilización.
- Se prendió el Equipo 20 min antes de tomar la primera medición.
- Se colocó 5 gr de muestra liofilizada en porta muestra.
- Se esperó aproximadamente 10 minutos a una temperatura de 57°C, para obtener el primer % humedad. Hasta terminar con las demás muestras.

3.6.1.3 Color (valor L*a*b*)

Para determinar color de la yema de huevo liofilizado, las mayonesas formuladas y comerciales, se utilizó el Chroma Meter CR- 400, que mide valores de L*a*b*, donde L* es claridad o brillo que describen que tan blanco o negro es el producto, a* es que tan rojo o verde es el producto y b* es que tan amarillo o azul es el producto.

(Método estándar de la American Society for Testing and Materials E1164).

Procedimiento:

- Se encendió el Colorflex Hunter Lab 30 min antes de anotar la primera medición.
- Antes de cualquier medición se calibró el Chroma Meter CR- 400
- realizaron tres mediciones por muestra y se expresó un promedio de las tres mediciones.

3.6.1.4 Determinación de pH:

Se midió el pH de las tres formulaciones de mayonesas (1.5%, 3.0%, 4.5%), Mayonesa Alacena y Mayonesa Hellmann's se tomó 100ml de cada muestra para medir el pH, se utilizó un potenciómetro IQ120 y los resultados fueron un promedio de tres mediciones. (Método estándar de la Association of Official Analytical Chemists 973.41).

Procedimiento:

- Se encendió el potenciómetro IQ120 5 minutos antes de realizar la primera medición.
- Se calibró el potenciómetro con el estándar pH 7.0 para la toma de datos.
- Entre muestra se limpió el potenciómetro con agua destilada.
- Se hicieron tres mediciones por muestra

3.6.2 Análisis Reológico

- Se determinara los valores de comportamiento de flujo (η), índice de consistencia (K) y viscosidad aparente (μ) en el rotámetro R/S Plus – Rheometer, a temperatura de 20°C.

3.6.3 Análisis sensorial

- Para la evaluación sensorial se realizaron histogramas de test descriptivo y se utilizó La prueba-F para el análisis de varianza (ANOVA) y las Pruebas de Rangos Múltiples, para determinar la significancia de las diferencias entre los valores promedio con un nivel de 95.0% de confianza (Wittig, 2001). Este análisis estadístico se realizó en el programa *Statgraphic Centurión* en cuanto a la aceptabilidad, color, olor y viscosidad de la mayonesa.
- La evaluación sensorial se llevó a cabo con un panel de 20 jueces. Para la evaluación sensorial, las muestras fueron preparadas y evaluadas a temperatura ambiente (20°C) al igual que en los análisis reológicos.
- Se realizó un perfil descriptivo, con una escala lineal no estructurada de 10 cm de longitud; la evaluación procedió según el método utilizado por Scarontern (Scarontern *et al.*, 2001) primero sin probar la muestra, después con manipulación y luego en la boca. Los descriptores utilizados en la primera parte de la evaluación fueron intensidad del color amarillo e intensidad del olor característico de la mayonesa. En la siguiente parte de la evaluación las muestras fueron manipuladas con una cuchara de té; una cucharada de muestra fue tomada desde su envase y se observó la resistencia contra la manipulación (viscosidad), Finalmente se procedió a probar las muestras y se evaluó la aceptabilidad general del sabor.

3.6.4 Análisis Estadístico

STATGRAPHICS

El procedimiento ANOVA Simple (o de un criterio de clasificación) está diseñado para construir un modelo estadístico que describa el impacto de un solo factor categórico X sobre una variable dependiente Y. Se realizan pruebas para determinar si hay o no diferencias significativas entre las medias, varianzas y/o medianas de Y en los diferentes niveles de X. Además, los datos se pueden presentar gráficamente de varias formas, incluyendo un gráfico múltiple de dispersión, un gráfico de medias, un gráfico ANOM, y un gráfico de medianas.

- En este procedimiento, se supone que los datos se colocarán en dos columnas, una para la variable dependiente Y y una segunda identificando los niveles de X. También se puede realizar un análisis de varianza simple empleando el procedimiento Comparación de Varias Muestras, que se debe usar si los datos se han puesto en columnas separadas para cada nivel de X. (Wittig,. 2001).
- Todas las mediciones se realizaron en triplicado. Se utilizó La prueba-F para el análisis de varianza (ANOVA) y las Pruebas de Rangos Múltiples, para determinar la significancia de las diferencias entre los valores promedio con un nivel de 95.0% de confianza (Wittig,. 2001). Este análisis estadístico se realizó en el programa Statgraphic Centurión y se aplicó a los resultados obtenidos de los ensayos como es el índice de consistencia (K), índice de comportamiento de flujo (η) y la viscosidad aparente (Pa*s), las pruebas fueron realizadas en el rotámetro R/S Plus – Rheometer, a temperatura de 20°C, no obstante se aplicó el mismo programa para determinar el nivel de significancia de la evaluación sensorial (aceptabilidad, olor, color y viscosidad), de cada mayonesa.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Características fisicoquímicas de la yema de huevo liofilizado

Cuadro N° 12: Características fisicoquímicas de la yema de huevo liofilizado

Características fisicoquímicas		Valor		
Aw		0.465 ± 0.001		
H%		2.720 ± 0.010		
	L	a*	b*	
Color	95.107 ± 0.487	5.21 ± 0.040	35.787 ± 0.487	

Mediante el método del liofilizado se logró obtener una actividad de agua (Aw) igual a 0.46, según La Revista CET (No 27, 2006, 1-9) el método se basan en disminuir la actividad del agua, la concentración o evaporación de productos líquidos, que aún contienen cantidades del orden de hasta 50% en agua. Los productos de la deshidratación son sólidos con un contenido en agua inferior a 10%.

Todo alimento liofilizado solo tiene al final de su proceso un 2% de agua (Finol, 2009).

Según Monssel y Beuchat (1981), la actividad de agua para huevo deshidratado es 0.44 (Aw) con un porcentaje de humedad de 5%, condiciones en que no se produce proliferación microbiana.

La calidad nutricional del alimento está en relación inversa a la cantidad de agua, las propiedades funcionales como textura, viscosidad, turbidez, así como las capacidades de hidratación, de emulsificación y de formación de espuma de las proteínas, son consecuencia de la interacción con los componentes del alimento y del estado físico del agua presente. (Mathlouthi M, 2003)

Si al producto se le van incorporando moléculas de agua, éstas van quedando retenidas a la fase sólida mediante fuerzas de van der Waals y puentes de hidrógeno con otras moléculas de agua, formando multicapas en la superficie interna y externa del material. Cuando comienza a coexistir con este fenómeno la penetración de las moléculas hacia el interior de la matriz sólida y se da la correspondiente movilización de solutos, comienza la solubilización de los materiales solubles del alimento hasta que existe agua suficiente y se forma la fase acuosa (Martínez *et al.*, 2000).

Mediante estudios realizados se ha demostrado que la A_w es un factor clave para el crecimiento microbiano, producción de toxinas y resistencia al calor de los microorganismos. En general, el límite inferior de actividad de agua para el crecimiento microbiano es 0.90 de la mayoría de las bacterias, 0.87 para la mayoría de las levaduras y 0.80 para la mayoría de los hongos. Es posible que un alimento tenga dos componentes, uno con 15% y otro con 25% de humedad y la transferencia se haga del menor al mayor debido a sus distintas a_w , y no con base en sus humedades (Badui, 2006).

En un estudio realizado a Tortuga Golfina (*Lepidochelys Olivacea*): Análisis nutrimental del huevo no eclosionado para su posible inclusión en la alimentación humana. Se determinó la humedad de la yema de huevo liofilizado en g/100g de muestra igual a $4.67 \pm 0.004\%$ de humedad (tortuga) y comparándola con la de la gallina igual a 2.8- 5% de humedad (Souci *et al.*, 2000, Sotelo & González 2000), lo que garantiza que nuestros resultados obtenidos concuerdan con lo expuesto.

Según Burchell, (1822) el contenido de humedad final en alimentos liofilizados es $H\% < 0.5 \%$

Según la empresa Despro Chile S.A., el huevo deshidratado presenta una humedad máxima de 6.0%

Según la FAO; El alimento sufre cambios que pueden afectar el valor obtenido como humedad. Se pierden compuestos volátiles junto con el agua, como alcohol, aceites esenciales y materia grasa. Por estas razones debe seleccionarse cuidadosamente el método a aplicar para la determinación de humedad en un alimento, ya que un mismo método no sirve para todos los alimentos.

Mediante el método de conservación de alimentos (lío-filizado) el producto puede sufrir reacciones tanto indeseables como deseables (enzimáticas, de oscurecimiento, rancidez hidrolítica desnaturalización de proteínas, rancidez oxidativa, estas dos últimas causadas por la disminución de humedad en el alimento). (Lewicki P.P, 2000)

Según Despro Chile S.A, el huevo deshidratado es de color amarillo, con fuerte olor a huevo y textura de polvo fino.

La yema de huevo está compuesta en gran parte por grasas, y éstas permiten la asimilación de pigmentos liposolubles (es decir, que las sustancias responsables del color, son solubles en grasa). Estos pigmentos logran la coloración característica de la yema de huevo que varía desde un amarillo pálido, hasta un naranja intenso (Barragán J, 2011)

El pigmento que se encuentra en la yema son los carotenoides pertenecientes a las xantofilas de origen vegetal entre las más importante la luteína, dándole un color más intenso la yema de huevo, que van desde el rojo, pasando por el naranja hasta el amarillo pálido y se encuentran en alimentos de origen vegetal. Algunos carotenoides son llamados pro-vitamina A, debido a que nuestro cuerpo los transforma finalmente en vitamina A. El beta-caroteno, es la pro-vitamina A más importante. (Higdon Jane, 2005)

Las diferencias de color en la yema de huevo, no presentan diferencias en el contenido nutrimental de las piezas de huevo. Un color intenso sólo

indica que hay mayor cantidad de carotenoides en general, los cuales no necesariamente son beta-caroteno. (Webber. R, 2009)

Tipo de grasas incluidas en la dieta, entre ellas las grasas insaturadas favorecen el transporte de carotenoides. Las grasas con algún grado de enranciamiento tienen un efecto contrario produciendo oxidación de los carotenoides disminuyendo su potencial pigmentante. (Brufau J, 2001)

Del 62% – 90% de las evaluaciones de un producto se basan en el color, lo que representa la calidad, sabor y precio, también el color puede ser en algunos casos un factor crítico de calidad, de productos fresco y procesado. (Pérez., 2009)

4.2 Color de mayonesas Formuladas y Comerciales

Cuadro N° 13: Color de las mayonesas formuladas y comerciales

Mayonesa	valores		
	L*	a*	b*
Formulación 1 (1.5%)	88.787 ± 0.561	-5.783 ± 0.078	26.893 ± 0.346
Formulación 2 (3.0%)	91.427 ± 0.341	-6.413 ± 0.201	28.997 ± 0.606
Formulación 3 (4.5%)	93.340 ± 0.165	-7.860 ± 0.010	31.697 ± 0.042
Alacena	92.853 ± 0.376	-6.723 ± 0.021	30.043 ± 0.610
Hellmann's	92.023 ± 0.512	-7.010 ± 0.010	29.013 ± 0.598

Las formulaciones con 1.5%, 3.0% y 4.5% no presentaron ninguna diferencia en el color mediante el método Cielab. Según Shuangqun Luo (2010) las muestras con mayor contenido de grasa y menor tamaño de las gotitas de grasa tienen siempre un alto L *, resultando en una buena refracción de la luz, el tamaño de partícula más pequeño de la yema de huevo liofilizado podría ayudar a que la muestra sea más brillante, lo que resulta en alta L * a * y.

El análisis de color de las mayonesas formuladas y comerciales fue confirmado por los datos obtenidos del análisis instrumental. La luminosidad (valor L) de mayonesa tuvo un gran impacto en el aspecto percibido del producto. La investigación mostró que la L-valor es proporcional al peso de la yema de huevo, y el color de la emulsión cambia cada vez más con relación al peso de yema de huevo a 1.5%, 3.0% y 4.5% (Shuangqun Luo, 2010).

4.3 pH de Mayonesas Formuladas y comerciales

Cuadro N° 14: pH de las Mayonesas Formuladas y comerciales

	M. Alacena	M. Hellmann's	Formulación 1 (1.5%)	Formulación 2 (3.0%)	Formulación 3 (4.5%)
pH	4.27 ± 0.019	4.22 ± 0.020	4.21 ± 0.010	4.18 ± 0.020	4.25 ± 0.017

El pH se mantuvo en un intervalo de 4.11 - 4.31, siendo la mayonesa con 3% de la yema de huevo liofilizado quien mostró el pH más bajo.

Generalmente, disminuyendo el valor del pH de un producto, aumenta el periodo de conservación (infoAgro.com)

Segun MINSA/DIGESA-V.01. Todos los Alimentos envasados de baja acidez y acidificados destinados a consumo humano por D.S N° 007-98-SA; al que se ha añadido ácidos autorizados para reducir su pH, o alimentos ácidos hasta alcanzar pH final de equilibrio de 4.6 o menor.

El pH obtenido cumplen con la normativa establecida por DIGESA para la elaboración de mayonesa, los valores de pH que se encuentran por debajo de pH>4.6

Cuando el pH esta fuera del equilibrio, el oxígeno desciende, las células respiran en un ambiente anaeróbico por fermentación, haciendo aumentar la acidez. (Otto Warburg, 1932)

Está documentado en la bibliografía que los valores de pH que estén en torno a 4,5 permiten el crecimiento de toda una serie de bacterias perjudiciales (entre ellas Salmonella). Aunque las mayonesas industriales cumplen todas con esta condición (pH máx.4.2 según el RTS), (Ministerio de Sanidad y Consumo o Consejerías de Sanidad en el caso de Comunidades Autónomas con competencias transferidas)

4.4 Análisis Reológico

En el cuadro N°15 se muestran los resultados del análisis reológico de las mayonesas formuladas (1.5%, 3.0% y 4.5%), así como de las mayonesas comerciales. Se muestra el índice de consistencia de flujo (K) y el índice de comportamiento al flujo (n) y viscosidad aparente (μ)

Cuadro N° 15: Comportamiento de flujo (η), índice de consistencia (K) viscosidad aparente (μ)

	Índice de Consistencia K	Índice de Comportamiento de Flujo η	Viscosidad Aparente μ (Pa*S)
M. ALACENA	7.580 \pm 0.141	0.467 \pm 0.002	0.982 \pm 0.011
M. HELLMANN'S	7.695 \pm 0.141	0.464 \pm 0.002	0.997 \pm 0.003
Formulación 1 (1.5%)	4.361 \pm 0.141	0.319 \pm 0.002	0.340 \pm 0.009
Formulación 2 (3.0%)	7.853 \pm 0.094	0.467 \pm 0.004	0.994 \pm 0.005
Formulación 3 (4.5%)	59.413 \pm 0.141	0.290 \pm 0.002	3.223 \pm 0.029

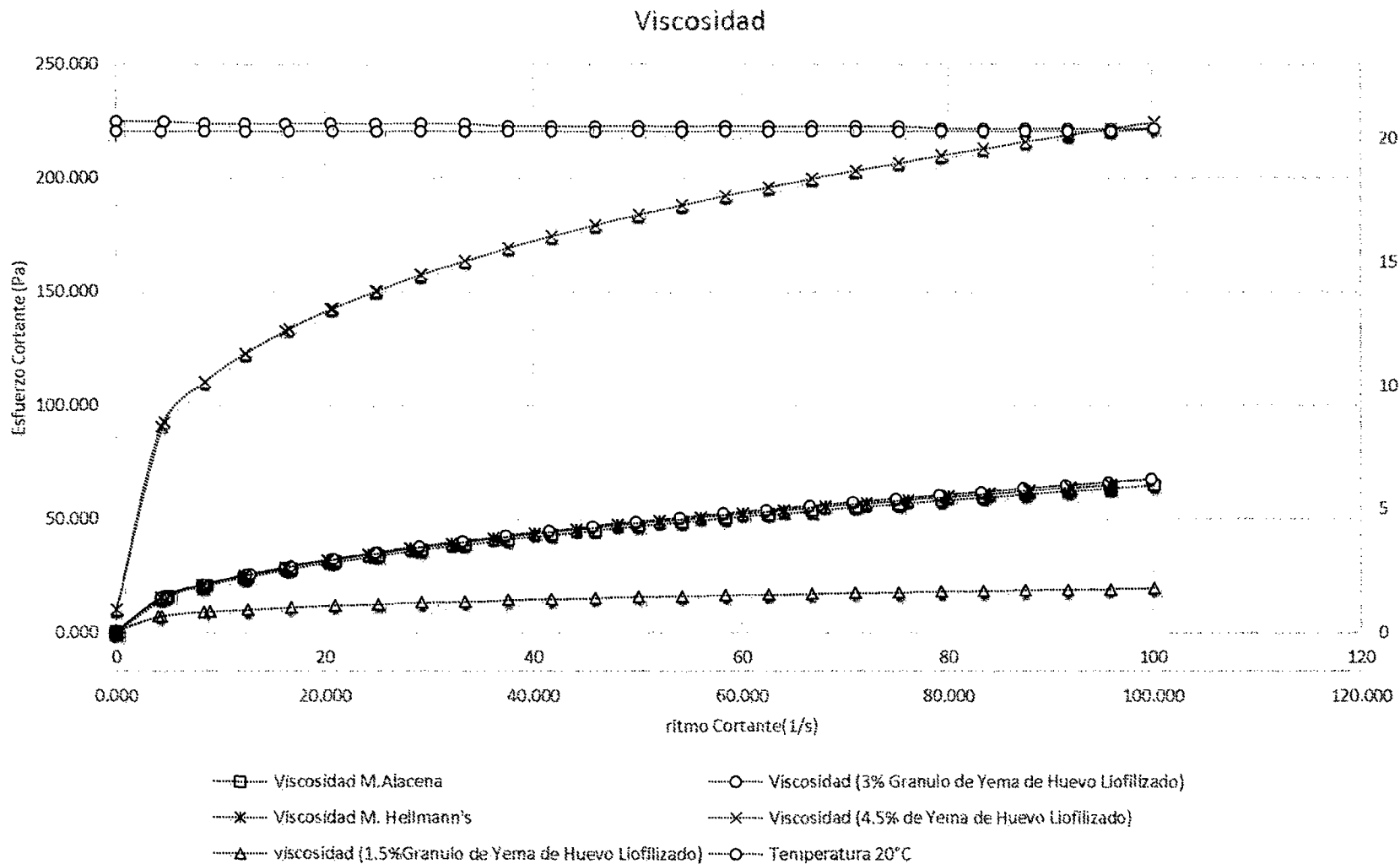


Grafico N° 2: Esfuerzo Cortante (Pa) vs ritmo cortante (1/s).

Los resultados presentan el comportamiento de un fluido pseudoplástico para las mayonesas comerciales (Alacena y Hellmann's) y las formuladas (1.5% - 3.0% - 4.5%) respectivamente. Así mismo se demuestra que la formulación 2 (3.0%) presenta un comportamiento reológico (K , η y μ) muy semejante a las mayonesas comerciales. Se puede ajustar su comportamiento reológico a diferentes modelos matemáticos; utilizando para este caso el de Ostwald-De Waale, también conocido como ley de la potencia (Geankoplis C. J., 1998)

Los fluidos pseudoplásticos se caracterizan porque su viscosidad aparente decrece cuando aumenta el gradiente de velocidad de deformación. Este comportamiento indica una ruptura o reorganización continua de la estructura, dando como resultado una menor resistencia al flujo, y es debido a la presencia de sustancias de alto peso molecular. (Geankoplis C. J., 1998) Como es el caso de la lecitina que da mayor estabilidad aumentando así el peso molecular de la mayonesa.

En un estudio realizado por (Guilmineau y Kulozik, 2007). Donde se utilizó como agente emulsificante almidón modificando para la elaboración de mayonesas muestras un comportamiento tixotrópico, dentro de todo el rango de velocidad de cizalla estudiado, en los segmentos en que las curvas inferiores alcanzaron valores de esfuerzo de cizalla menores que los de las curvas superiores a la misma velocidad de cizalla. Este es el resultado de la estructura interna de la mayonesa, que está hecha de gotas de aceite apretadas separadas por una lámina de fase continua. Lo que nos indica que la formulación 3 (4.5%), solo puede recuperar su viscosidad inicial tras un tiempo de reposo, donde sus estructuras se van a reconstituir y el retraso que se produce para adaptarse al cambio aparece un fenómeno de Histéresis (Izidoro *et al.*, 2007)

El coeficiente de consistencia (K) aumentó notablemente en la formulación 3 (4.5%) al agregarle la yema de huevo liofilizado, obteniendo la mayor viscosidad (3.2386 Pa.s) con este resultado concuerda con los análisis reológicos anteriores y puede ayudar a predecir el comportamiento de las muestras analizadas, puesto que altos valores de coeficiente de consistencia en mayonesas indican una consistencia más viscosa (Paredes *et al.*, 1989)

De manera diferente sucedió con el índice de comportamiento de flujo (Γ), al aumentar la concentración de la yema de huevo liofilizado sobre la formulación 3 (4.5%), disminuyó notablemente el índice de comportamiento de flujo Γ (0.2880) ver Gráfico N°2

Los valores del índice de comportamiento de flujo (Γ) obtenidos de las tres formulaciones (5%, 3.0% y 4.5%) respectivamente fueron inferiores a uno lo que indica que el modelo matemático empleado en esta investigación es la correcta lo estable por (Kiosseoglou, V. D. y Sherman, P., 1983)

Los ensayos efectuados indican que los productos elaborados así como las muestras comerciales tienden a disminuir su viscosidad aparente al aumentar la velocidad de deformación (1/s), dando como resultado una menor resistencia al flujo, esto es debido a la presencia de sustancias de alto peso molecular características del producto. (PELEG, M. 1993.). La viscosidad es un parámetro reológico directamente relacionado con la estructura de la mayonesa y con influencia sobre la estabilidad de la misma.

En el punto isoeléctrico de una proteína su carga se anula, Esto reduce las repulsiones y favorece los entrecruzamientos entre macromoléculas de proteínas, si las proteínas se encuentran formando parte de un gel, al aumentar la agregación se producirá una subida de la viscosidad, de manera similar a lo que les sucede a las emulsiones en las mismas circunstancias (Añón, 2000; Anton y Gandemer., 1998).

En la Gráfica N°2 se observa las curvas de la viscosidad entre esfuerzo cortante (Pa) vs ritmo cortante (1/s); de las mayonesas formuladas (1.5%, 3% y 4.5%) y las comerciales Alacena y Hellmann's, donde podemos visualizar que la mayonesa liofilizada con formulación 2 (3.0%) cumple con lo establecido presentado sus propiedades reológicas similar a los dos mayonesas comerciales.

La curva de viscosidad de la formulación 3 (4.5%) presenta una viscosidad mayor fuera del rango permitido por las mayonesas comerciales. Según (Queipo Ruiz, Y., 1991) los polímeros (lecitina) absorbentes del agua, son los que reducen la cantidad de agua libre, absorbiendo parte de las moléculas de agua por enlaces de hidrógeno. No toda el agua es absorbida porque el proceso es suplementado por una inmovilización del agua y se forma una red tridimensional que reduce la movilidad del agua que queda. Esta absorción/inmovilización del agua aumenta la viscosidad.

La yema de huevo liofilizado utilizada como agente emulsionante en la mayonesa tiene el mismo comportamiento que la yema de huevo. Una emulsión ideal se compone de gotas esféricas empaquetados juntos dentro de la fase continua. (Depree y Savage., 2001)

4.5 Análisis Estadístico para el Comportamiento Reológico

4.5.1 Resumen Estadístico - Viscosidad (μ)

Tabla N° 6: ANOVA para la viscosidad (μ)

Fuente	Suma de Cuadrados	G.l	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	14.7188	4	3.67969	17146.10	0.0000
Intra grupos	0.00214608	10	0.000214608		
Total (Corr.)	14.7209	14			

En los análisis estadísticos realizados a la viscosidad aparente de las 3 formulaciones (1.5%, 3.0% y 4.5%) teniendo como base a las 2 mayonesas comerciales (Alacena y Hellmann's), se determinó que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existiendo diferencia estadísticamente significativa entre las viscosidades " μ " de las 5 mayonesas con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla N° 7: Pruebas de Múltiple Rangos para la viscosidad (μ)

Método: 95.0 porcentaje LSD

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
M. Alacena - M Hellmann's		-0.0148	0.0266514
M. Alacena – F1 (1.5%)	*	0.642833	0.0266514
M. Alacena – F2 (3.0%)		-0.0118667	0.0266514
M. Alacena – F3 (4.5%)	*	-2.24063	0.0266514
M. Hellmann's - F1 (1.5%)	*	0.657633	0.0266514
M. Hellmann's – F2 (3.0%)		0.00293333	0.0266514
M. Hellmann's – F3 (4.5%)	*	-2.22583	0.0266514
F1 (1.5%) – F2 (3.0%)	*	-0.6547	0.0266514
F1 (1.5%) – F3 (4.5%)	*	-2.88347	0.0266514
F2 (3.0%) – F3 (4.5%)	*	-2.22877	0.0266514

* indica una diferencia significativa.

En la Tabla N°7 se determinaron cuáles son las mayonesas significativamente diferentes de otras con respecto a su viscosidad, indicando que estas muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. De las cuales, se han identificado 3 grupos homogéneos (3.0%, Alacena y Hellmann's), no existiendo diferencias estadísticamente significativas entre su viscosidad de cada una de ellas. El método empleado actualmente para discriminar entre ellas es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher, con un riesgo del 5.0%.

4.5.2 Resumen Estadístico - Índice de Consistencia (K)

Tabla N° 8: ANOVA para el índice de consistencia (K)

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	6650.53	4	1662.63	93646.54	0.0000
Intra grupos	0.177543	10	0.0177543		
Total (Corr.)	6650.71	14			

La tabla N°8 muestran los resultados comparativos con respecto al índice de consistencia (K) para las mayonesas formuladas (1.5%, 3.0%, 4.5%) y las comerciales (Alacena y Hellmann's), se determinando que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existiendo una diferencia estadísticamente significativa entre las los índices de consistencia (K) de las de las 5 mayonesas con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla N° 9: Pruebas de Múltiple Rangos para el índice de consistencia (K)

Método: 95.0 porcentaje LSD

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
M. Alacena – M Hellmann's		-0.1152	0.24241
M. Alacena – F1 (1.5%)	*	3.2187	0.24241
M. Alacena – F2 (3.0%)	*	-0.2733	0.24241
M. Alacena – F3 (4.5%)	*	-51.8329	0.24241
M. Hellmann's - F1 (1.5%)	*	3.3339	0.24241
M. Hellmann's – F2 (3.0%)		-0.1580	0.24241
M. Hellmann's – F3 (4.5%)	*	-51.7177	0.24241
F1 (1.5%) - F2 (3.0%)	*	-3.4920	0.24241
F1 (1.5%) - F3 (4.5%)	*	-55.0516	0.24241
F2 (3.0%) - F3 (4.5%)	*	-51.5596	0.24241

* indica una diferencia significativa.

En la tabla n°9 se determinaron cuáles son las mayonesas significativamente diferentes de otras con respecto a su índice de consistencia "K" donde indica que estas muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. De las cuales, se han identificado 2 grupos homogéneos Alacena vs Hellmann's y la formulación 2 (3.0%) vs Hellmann's, no existe diferencias estadísticamente significativas entre su índice de consistencia de cada una de ellas. En el caso de la Mayonesa Alacena vs formulación 2 (3.0%), si existe diferencia significativa con respecto a su índice de consistencia. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher con un riesgo del 5.0%.

4.5.3 Resumen Estadístico - Índice de comportamiento de flujo (Γ)

Tabla N° 10: ANOVA para el índice de comportamiento de flujo (Γ)

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.0954413	4	0.0238603	3363.14	0.0000
Intra grupos	0.0000709467	10	0.00000709467		
Total (Corr.)	0.0955122	14			

La tabla N°10 se puede visualizar que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existiendo una diferencia estadísticamente significativa entre los índices de comportamiento de flujo (Γ) de las de las 5 mayonesas con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla N° 11: Pruebas de Múltiple Rangos para el índice de comportamiento de flujo (η)

Método: 95.0 porcentaje LSD

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
M. Alacena - M Hellmann's		0.0034	0.00484578
M. Alacena – F1 (1.5%)	*	0.1489	0.00484578
M. Alacena – F2 (3.0%)		0.0007	0.00484578
M. Alacena = F3 (4.5%)	*	0.1774	0.00484578
M. Hellmann's - F1 (1.5%)	*	0.1455	0.00484578
M. Hellmann's – F2 (3.0%)		-0.0027	0.00484578
M. Hellmann's – F3 (4.5%)	*	0.1740	0.00484578
F1 (1.5%) - F2 (3.0%)	*	-0.1482	0.00484578
F1 (1.5%) - F3 (4.5%)	*	0.0285	0.00484578
F2 (3.0%) - F3 (4.5%)	*	0.1767	0.00484578

* indica una diferencia significativa.

En esta tabla N°11 se observa los resultados de comparación múltiple para determinar cuál de los índices de comportamiento de flujo " η " son significativamente diferentes de otras, mostrando las diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza, se han identificado 3 grupos homogéneos Hellmann's, formulación 2(3%) y Alacena, no existiendo diferencias estadísticamente significativas entre cada uno de sus índices de comportamiento de flujo (η). El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher, con un riesgo del 5.0%

4.6 Análisis Estadístico - Sensorial

Histograma de Test Descriptivo.

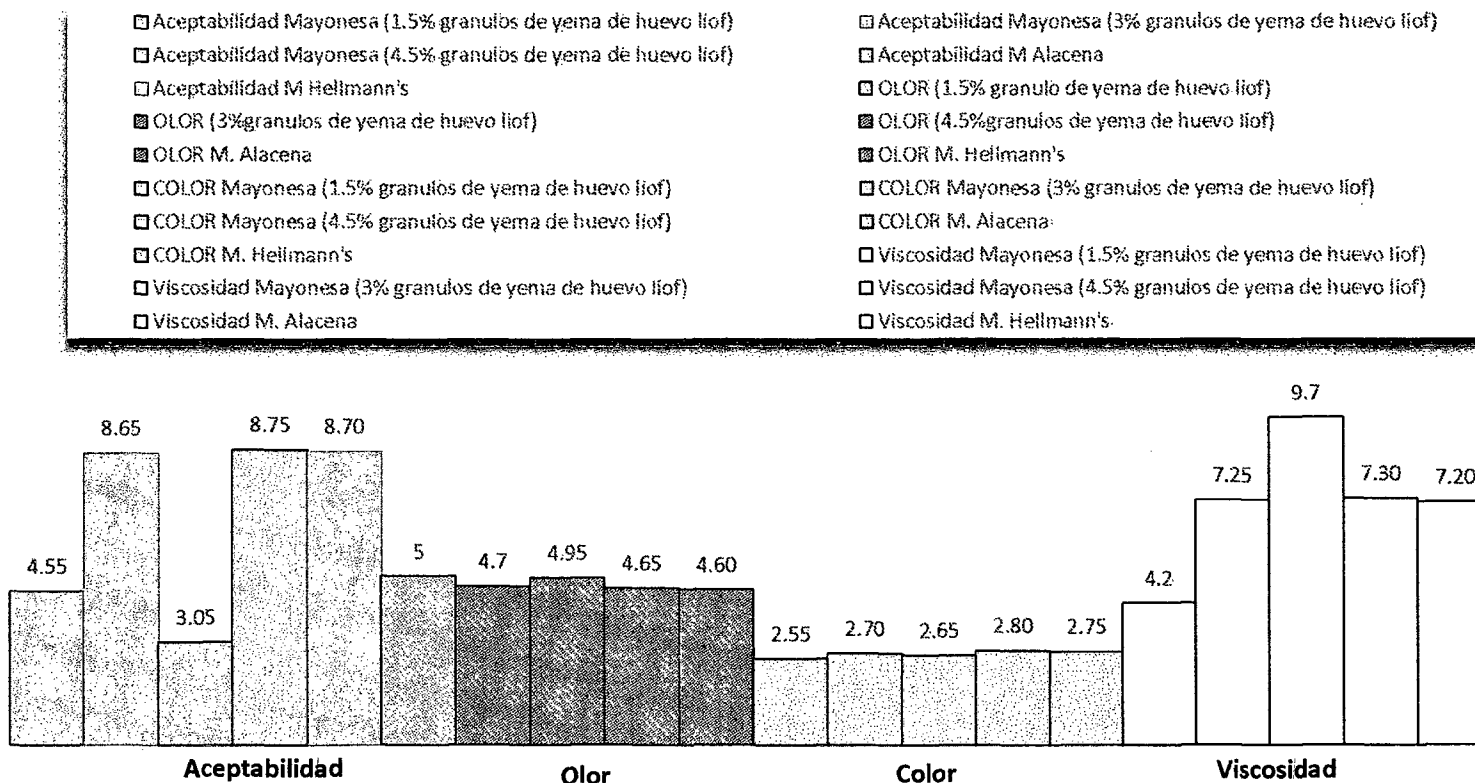


Grafico N° 3: Histograma del análisis sensorial entre las formulaciones (1.5% - 3.0% - 4.5%) y las comerciales

4.6.1 Resumen Estadístico – Análisis sensorial de Aceptabilidad

Tabla N° 12: ANOVA para la aceptabilidad

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	598.84	4	149.71	144.54	0.0000
Intra grupos	98.4	95	1.03579		
Total (Corr.)	697.24	99			

En los análisis estadísticos realizados a la viscosidad de las 3 formulaciones (1.5%, 3.0% y 4.5%), teniendo como base a las mayonesas comerciales (Alacena y Hellmann's), donde el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existiendo una diferencia estadísticamente significativa entre la aceptabilidad de cada mayonesa de las 5 variables con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla N° 13: Pruebas de Múltiple Rangos para la aceptabilidad

Método: 95.0 porcentaje LSD

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
M Alacena - M Hellmanns		0.05	0.638928
M Alacena – F1 (1.5%)	*	4.20	0.638928
M Alacena – F2 (3.0%)		0.10	0.638928
M Alacena – F3 (4.5%)	*	5.70	0.638928
M Hellmanns - F1 (1.5%)	*	4.15	0.638928
M Hellmanns – F2 (3.0%)		0.05	0.638928
M Hellmanns – F3 (4.5%)	*	5.65	0.638928
F1 (1.5%) - F2 (3.0%)	*	-4.10	0.638928
F1 (1.5%) - F3 (4.5%)	*	1.50	0.638928
F2 (3.0%) - F3 (4.5%)	*	5.60	0.638928

* indica una diferencia significativa.

En esta tabla N°13 se observa los resultados de comparación múltiple para determinar cuáles son las mayonesas significativamente diferentes de otras con respecto a su aceptabilidad, indicando diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. Lográndose identificar 3 grupos homogéneos; formulación 2 (3.0%), Alacena y Hellmann's, donde no existen diferencias estadísticamente significativas entre su aceptabilidad de cada mayonesa. El método empleado actualmente para discriminar la aceptabilidad de las mayonesas es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5.0%.

4.6.2 Resumen Estadístico – Análisis sensorial para el Olor

Tabla N° 14: ANOVA para el olor

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2.66	4	0.665	0.73	0.5734
Intra grupos	86.5	95	0.910526		
Total (Corr.)	89.16	99			

En la tabla N°14 nos reporta el análisis estadísticos aplicado a la mayonesa (1.5%, 1.5%, 1.5%, Alacena y Hellmann's) con respecto a su olor característico respectivamente, donde el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existiendo diferencia estadísticamente significativa entre los olores de cada mayonesa con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla N° 15: Pruebas de Múltiple Rangos para el olor

Método: 95.0 porcentaje LSD

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
M Alacena - M Hellmann's	0.05	0.599049	
M Alacena – F1 (1.5%)	-0.35	0.599049	
M Alacena – F2 (3.0%)	-0.05	0.599049	
M Alacena – F3 (4.5%)	-0.30	0.599049	
M Hellmann's - F1 (1.5%)	-0.40	0.599049	
M Hellmann's – F2 (3.0%)	-0.10	0.599049	
M Hellmann's – F3 (4.5%)	-0.35	0.599049	
F1 (1.5%) - F2 (3.0%)	0.30	0.599049	
F1 (1.5%) - F3 (4.5%)	0.05	0.599049	
F2 (3.0%) - F3 (4.5%)	-0.25	0.599049	

* indica una diferencia significativa.

En esta tabla N°15 se observa los resultados de comparación múltiple para determinar cuáles son las mayonesas significativamente diferentes de otras con respecto a su olor no existiendo diferencias estadísticamente significativas entre los olores característicos de las mayonesas, con un nivel del 95.0% de confianza, siendo todos los grupo homogéneo. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher, con un riesgo del 5.0%.

4.6.3 Resumen Estadístico – Análisis sensorial para el color**Tabla N° 16: ANOVA para el color**

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.74	4	0.185	0.32	0.8629
Intra grupos	54.65	95	0.575263		
Total (Corr.)	55.39	99			

En la tabla N°16 nos reporta el análisis estadísticos aplicado a la mayonesa (1.5%, 1.5%, 1.5%, Alacena y Hellmann's) con respecto a su color característico respectivamente, donde el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existiendo una diferencia estadísticamente significativa entre el color característico de cada mayonesa con un nivel del 95.0% de confianza. No siento necesario aplicar el método de pruebas de múltiples rangos, ya que todas las muestras no presentan ninguna diferencia significativa con respecto al color característico de las mayonesas.

4.6.4 Resumen Estadístico – Análisis sensorial para la viscosidad

Tabla N° 17: ANOVA para la viscosidad

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	304.76	4	76.19	108.76	0.0000
Intra grupos	66.55	95	0.700526		
Total (Corr.)	371.31	99			

En la tabla N°17 nos reporta el análisis estadísticos aplicado a la mayonesa (1.5%, 1.5%, 1.5%, Alacena y Hellmann's) con respecto a su viscosidad, donde el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existiendo diferencia estadísticamente significativa entre la viscosidad de cada mayonesa con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla N° 18: Pruebas de Múltiples Rangos para la viscosidad

Método: 95.0 porcentaje LSD para la viscosidad

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
M Alacena - M Hellmann's		0.10	0.525446
M Alacena - F1 (1.5%)	*	3.10	0.525446
M Alacena - F2 (3.0%)		0.05	0.525446
M Alacena - F3 (4.5%)	*	-2.40	0.525446
M Hellmann's - F1 (1.5%)	*	3.00	0.525446
M Hellmann's - F2 (3.0%)		-0.05	0.525446
M Hellmann's - F3 (4.5%)	*	-2.50	0.525446
F1 (1.5%) - F2 (3.0%)	*	-3.05	0.525446
F1 (1.5%) - F3 (4.5%)	*	-5.50	0.525446
F2 (3.0%) - F3 (4.5%)	*	-2.45	0.525446

*indica una diferencia significativa.

En esta tabla N°18 se observa los resultados de comparación múltiple para determinar cuáles son las mayonesas significativamente diferentes de otras con respecto a su viscosidad, indicando diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. Lográndose identificar 3 grupos homogéneos; formulación 2 (3.0%), Alacena y Hellmann's, donde no existen diferencias estadísticamente significativas entre su aceptabilidad de cada mayonesa. El método empleado actualmente para discriminar la aceptabilidad de las mayonesas es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5.0%.

V. CONCLUSIONES

- La yema de huevo liofilizada como agente emulsionante influye en un 95% en el comportamiento reológico de las formulaciones evaluadas: 1.5%, 3.0% y 4.5% de yema de huevo liofilizado presentaron un comportamiento reológico pseudoplástico siendo la formulación con 3.0% de yema de huevo liofilizado del cual no presento diferencias significativas a las mayonesas comerciales con respecto al índice de consistencia, índice de comportamiento de flujo y su viscosidad aparente mediante la prueba de Fisher con un nivel de confiabilidad del 95%.
- La yema de huevo liofilizado ($P_{\text{vacío}} = 5000 \text{ mmHg}$; tiempo = 6 Hrs.; Densidad de carga = 330.794 g.) presentan las siguientes características fisicoquímicas: humedad de $2.72 \pm 0.001\%$, una actividad de agua 0.465 ± 0.010 y pH 7.
- El análisis reológicos de las formulaciones de mayonesas evaluadas 1.5%, 3.0% y 4.5% de yema de huevo liofilizado, presentaron los siguientes indicadores reológicos: formulación 1 (1.5%): $K = 4.361 \pm 0.141$, $\eta = 0.319 \pm 0.002$ y $\mu = 0.340 \pm 0.009$, formulación 2 (3.0%): $K = 7.853 \pm 0.094$, $\eta = 0.467 \pm 0.004$ y $\mu = 0.994 \pm 0.005$ y formulación 3 (4.5%): $K = 59.413 \pm 0.141$, $\eta = 0.290 \pm 0.002$ y $\mu = 3.223 \pm 0.029$, todos siguieron un modelo matemático de Ostwald.
- En la evaluación sensorial, la Formulación con 3.0% de la yema de huevo liofilizado no presento diferencias significativas a las mayonesas comerciales con respecto al sabor, olor, color y viscosidad mediante la prueba de Fisher con un nivel de confiabilidad del 95%. Los resultados obtenidos de color y olor sobre las mayonesas formuladas y comerciales mediante evaluación sensorial, se determinó que los colores son homogéneos entre ellas, no existiendo diferencias significativas mediante la prueba de Fisher con un riesgo del 5.0%.

VI. RECOMENDACIONES

- Evaluar con un diseño escalonado para estimar la vida útil de la mayonesa a diferentes temperaturas.
- Realizar un estudio microbiológico de la yema de huevo liofilizado para evaluar el crecimiento de levaduras y mohos.
- Evaluar el índice de colesterol HDL de la mayonesa rehidratada.
- Evaluar el tiempo de estabilidad oxidativa de la yema de huevo liofilizado y la mayonesa rehidratada para determinar el tiempo de vida útil.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Froning, G. W., 2008. Los productos de huevo de la industria y las perspectivas futuras. En: Mine, Y. (Ed.), Huevo Biociencia y Biotecnología. John Wiley & Sons, Inc., EE.UU., pp 307-325.
- Antón, M., 2007. Composición y estructura del huevo de gallina huevo. En: Huopalahti, R., López-Fandiño, R., Antón, M., Schade, R. (Eds.), bioactivos huevo compuestos. Springer-Verlag, Berlín, Heidelberg, pp 1-6.
- Antón, M., GANDEMER, G., 1997. Composición, de solubilidad y propiedades emulsionantes de gránulos y el plasma de yema de huevo. *Journal of Food Science* 62 (3), 484-487.
- Antón, M., Beaumal, V., GANDEMER, G., 2000. La adsorción en la interfase agua-petróleo y las propiedades emulsionantes de los gránulos naturales de yema de huevo: efecto de estado agregado. *Los hidrocoloides alimentarios* 14 (4), 327-335.
- Antón, M., Le DenMat, M., Beaumal, V., Pilet, P., 2001. Efectos de relleno de las gotitas de aceite en reología de geles en emulsión heat-set preparados con yema de huevo y la yema de huevo fracciones. *Coloides y Superficies, B: Biointerfaces* 21 (1-3), 137-147.
- Le DenMat, M., Antón, M., GANDEMER, G., 1999. La desnaturalización de proteínas y propiedades emulsionantes de plasma y gránulos de yema de huevo como relacionadas al tratamiento del calor. *Journal of Food Science* 64 (2), 194-197.
- Le DenMat, M., Antón, M., Beaumal, V., 2000. Caracterización de la emulsión propiedades y composición de la interfaz en emulsiones O / W preparadas con la gallina yema de huevo, plasma y gránulos. *Los hidrocoloides alimentarios* 14 (6), 539-549.
- Halmos, A.L. y Tiu, C. – J. *Texture studies* (1984)
- Sirvente, H., Beaumal, V., Gaillard, C., Bialek, L., Hamm, D. Antón, M., 2007. Estructuración y funcionalización de dispersiones que contienen yema de huevo, el plasma y gránulos inducida por

tratamientos mecánicos. *Diario de Agricultura y Food Chemistry* 55 (23), desde 9537 hasta 9544.

- Depree, J. A., Savage, G. P., 2001. La estabilidad física y sabor de la mayonesa. *Tendencias en Ciencia y Tecnología de Alimentos* 12 (5/6), 157-163.
- Friberg, S., Larsson, K., Sjoblom J. (2004). *Las emulsiones de alimentos*. Cuarta edición. Universidad de Missouri-Rolla, Rolla, Mssouri y la Universidad de Clarkson, Potsdam, Nueva York, EE.UU.
- Castro, E. (1993). *Reología*. Edición Digital. Departamento de Ciencias de los Alimentos y Tecnología Química, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile.
- Liu, H., Xu X., Guo, SH. (2007). Reológico, textura y sensoriales propiedades de mayonesa baja en grasa con diferente mimetics. *LWT-Food grasa Ciencia y Tecnología* 40: 946-954.
- Gallegos, C., Berjano M. y García F. (1988). Aplicación de un modelo cinético al estudio del flujo transitorio en mayonesas. *Rev. Grasas y Aceites*. 39 (4-5). 254-263.
- García, F., Berjano M. y Gallegos C. (1988). *Reología de Mayonesas*. *Rev. Grasas y Aceites*. 39(4-5) 281 -285.
- Gallegos, C., Berjano M. y García F. (1988). Aplicación de un modelo cinético al estudio del flujo transitorio en mayonesas. *Rev. Grasas y Aceites*. 39 (4-5). 254-263.
- Steffe, J. (1996). *Métodos reológicos en la ingeniería de procesos de alimentos*. Segunda Edición. Universidad del Estado de Michigan, EE.UU.
- Peressini, D., Sensidoni A., Cindio, B. (1998). Caracterización reológica de mayonesas tradicionales y ligeros. *Journal of Food Engineering*, 35 409-417.
- Batista, A., Raymundo, A. Sousa, I., Empis, J. (2006). reológico caracterización de color emulsión alimenticia aceite-en-agua con la luteína y la ficocianina añadido a las fases de aceite y aqueos. *Los hidrocoloides alimentarios*, 20:44-52.

- Guilmineau, F. y Kulozik, U. (2007). Influencia de un tratamiento térmico en el funcionalidad de la yema de huevo de gallina en la mayonesa. *Journal of Food Engineering* 78 (2) 648-654.
- Belitz *et al.*, (1997): *Química de los Alimentos*. 2da. Edición. Edit. Acribia. Zaragoza. España
- Barnes, H.A., Carnali, O.J., The vanein-cup as a novel rheometer geometry for shear thinning and thixotropic materials, *J. Rheol.*, 1990, 34, 841
- Barnes, H.A., A review of the slip (wall depletion) of polymer solutions, emulsions and particle suspensions in viscometers: its cause, character and cure, *J. Non-Newtonian Fluid Mech.*, 1995, 56, 221
- Scaronern, P., Valentová, H., Pokorny, J. (2001). Propiedades reológicas y textura sensorial de mayonesa. *European Journal of Lipid Ciencia y Tecnología* 103 (1):23-28.
- Laca A., Sáenz M.C., Paredes B. y Díaz M., 2010. Las propiedades reológicas, La estabilidad y la evaluación sensorial de mayonesas bajas en colesterol que se preparan utilizando gránulos de yema de huevo como agente emulsionante, *revista de Ingeniería de Alimentos* 97: 243–252.
- Thaiudom S. y Khantarat K., 2011. Estabilidad y propiedades reológicas de mayonesas con menos grasa mediante el uso de octenil succinato sódico de almidón sustituto en forma de grasa, *Ciencia de los Alimentos* 1: 315 – 321.
- Shen R., Luo S. y Dong J., 2011. Aplicación de dextrina de avena para el sustituto de grasa en la mayonesa, *Química de los Alimentos* 126: 65–71.
- Balestra F., Cocci E., Pinnavaia G. y Romani S., 2011. Evaluación de las propiedades antioxidantes, reológicas y sensoriales de masa de harina de trigo y el pan que contiene polvo de jengibre, *Ciencia y Tecnología de Alimentos* 44: 700-705.
- Bagley, E.B y Christianson, D.D.- *Food Technology* (1987).

- Sáenz, C. y Castell, E. – Rev. Agroquim. Tecnol. Aliment (1986).
- Kitchener, J.A y Mussellwhitep P.R – Emulsión Science Academic Press. P. Sherman (Ed), New York (1968).
- Lewicki P.P., Raoult's law based food water sorption isotherm, J. Food Engineering, 43 (2000)
- Mathlouthi M., Rogé B., Water vapour sorption isotherms and the caking of food powders, *Food Chemistry*, 82 (2003)
- Prothon F, Ahme L.M., Application of the Guggenheim, Anderson and de Boer model to correlate water activity and moisture content during osmotic dehydration of apples, *J. Food Engineering*, 61 (2004)
- Althouse, A., C. Turnquist, A. Bracciano. *Modern Refrigeration and Air Conditioning*, The Goodheart-Willcox Company, Inc. Publishers, EUA, 1975
- Arrigo, Coen. *Para saber lo que se dice*. Editorial Domés, S. A. México, 1986.
- Badui, S. *Química de los alimentos*. Alhambra Universidad. México, 1989.
- Barrow, G. *Physical Chemistry*. Mc Graw-Hill, Japan, 1973.
- Bolck, Z. *Bioquímica de los alimentos*. Editorial El Manual Moderno. México, 1986.
- Bolck, E. "Química del ajo y la cebolla". *Investigación y Ciencia*, núm. 104, mayo 1985.
- Cabrera, L. *Diccionario de aztequismos*. Ed. Oasis, México, 1974.
- Carrillo y Dariel, A. *Técnicas de la pintura colonial*, UNAM, México, 1983.
- Cobb, V. *Science Experiments You Can Eat*. J. B. Lippincot Company, 1972.
- Córdova, J. L. "Ácidos y bases. La química en la cocina". *Educación Química*, julio, 1989.

- "Teoría de disociación electrolítica. Un enfoque histórico". *Contactos*. Enero-marzo, 1987.
- Corominas, J. *Breve diccionario etimológico de la lengua castellana*. Editorial Gredos, Madrid, 1987.
- Harrison, L y Cunningham, F- J. *Food Quality* 8 (1985)
- Liria D, M. (2007). *Guía para la Evaluación Sensorial de Alimentos*. Lima. Perú. Inédita.
- Witting. E. (2001). *Evaluación Sensorial: Una metodología para la tecnología de alimentos*. Consultado en 07, 20, 09 en mazinger. Sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_quimicas_y_farmaceuticas/wittinge01/index.html.
- Torricella Morales, R.G., Zamora UTSET, E. y Pulido Alvarez, H. *Evaluación Sensorial: Aplicada a la investigación, desarrollo y control de la calidad en la industria alimentaria*. 2a ed. Ciudad de La Habana, Cuba: Editorial Universitaria, 2007. 131p.
- Meilgaard, A. 2006. "La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica". Editorial Acribia S.A. Zaragoza-España.
- Asociación Catalana de Enólogos (2000). *La evaluación Sensorial Objetivos y Métodos*. Consultado en 07, 30, 09 en http://www.acenología.com/ciencia60_02.htm#biblio.
- Sensolab.2005. prueba de aceptación (en línea). Consultado 22 Jul. 2006. Disponible en:http://www.sensolab.net/servicios_02.htm
- Sancho, J., Bota, E. y de Castro, J.J., "Introducción al Análisis sensorial de Alimentos", 1era edición, GRAMAGRAF, S.C.C.L., Barcelona, pp. 33 y 34; 48-86.
- CAMACHO. F; TOVAR. L; RAMIREZ. K y GALLARDO. Y, 2007,"Efecto de la fibra en las características reológicas de una mayonesa", Departamento de graduados e investigación en alimentos Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Pág. 130-136.

- Batista, A., Raymundo, A., Sousa, I., Empis, J. (2006). Rheological characterization of coloured oil-in-water food emulsion with lutein and phycocyanin added to the oil and aqueous phases. *Food Hydrocolloids*, 20:44-52.
- Borderías, J., Sánchez, I., Pérez m. (2005). New applications of fibres in foods: Addition to fishery products. *Trends in Food Science & Technology* 16:458-465.
- Briggs, J., and Steffe, J. (1997). Using Brookfield data and the Mitschka method to evaluate power law foods. *Journal of texture Studies*. 28(5). 517-522.
- Castro, E. (1993). Reología. Edición Digital. Departamento de Ciencias de los Alimentos y Tecnología Química, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile.
- CODEX STAN 168-1989. Norma del CODEX para la mayonesa. Norma Regional Europea. (1989).
- Davis, J., Alexander, K., Ventura, E., Toledo-Corra, C., Goran, M. (2009). Inverse relation between dietary fiber intake and visceral adiposity in overweight Latino youth. *American Journal of Clinical Nutrition* 90(5): 1160.
- Abu-Salem F., and Abou-Arab A. (2008). Chemical, microbiological and sensory evaluation of mayonnaise prepared from ostrich eggs. *Rev. Grasas y Aceites*, 59
- Koh, S., Arifin, N., Tan, C., Yusoff, M., Long, K., Idris N., LAI, O. (2008). Rheological properties, oxidative stability and sensory evaluation of enzymatically synthesized medium- and long-chain triacylglycerol-based salad dressings. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 110:1116-1126.
- Liu, H., Xu X., Guo, SH. (2007). Rheological, texture and sensory properties of low-fat mayonnaise with different fat mimetics. *LWT– Food Science and Technology* 40: 946-954.
- Mun, S., Kim, Y., Kang, C., Park K., Shim, J., Kim, Y. (2009). Development of reduced-fat mayonnaise using 4[alpha]GTase-

modified rice starch and xanthan gum. *International Journal of Biological Macromolecules* 44(5) 400-407.

TESIS

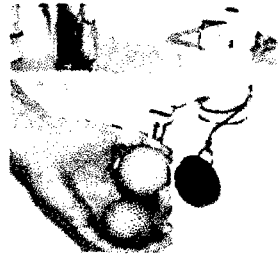
- Goldblith, SA, Rey, L., y Rothmary, WW (1975). *La liofilización y tecnología de los alimentos* Advance. London: Academic Press.
- Rey, L (1975) Algunos hechos básicos aout liofilización. En SA Goldblith (Ed.), *La liofilización y tecnología avanzada* (pp. 730). Londres.
- Orrego, A.C.E. (2003). *Procesamiento de Alimentos*: Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.

ANEXO

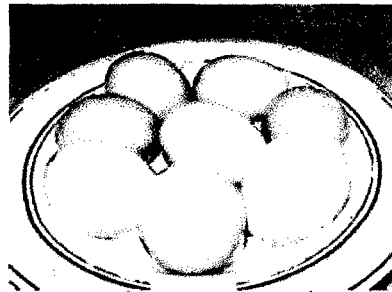
ANEXO N 01

Procedimiento Experimental

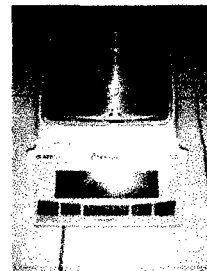
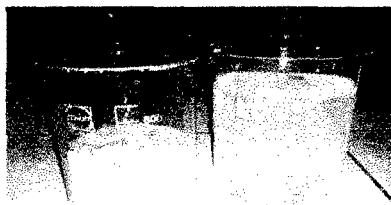
- **Lavado:** Limpiar el huevo por inmersión en agua clorada y eliminar residuos sólidos.



- **Secado:** Secar con flujo de aire moderado.



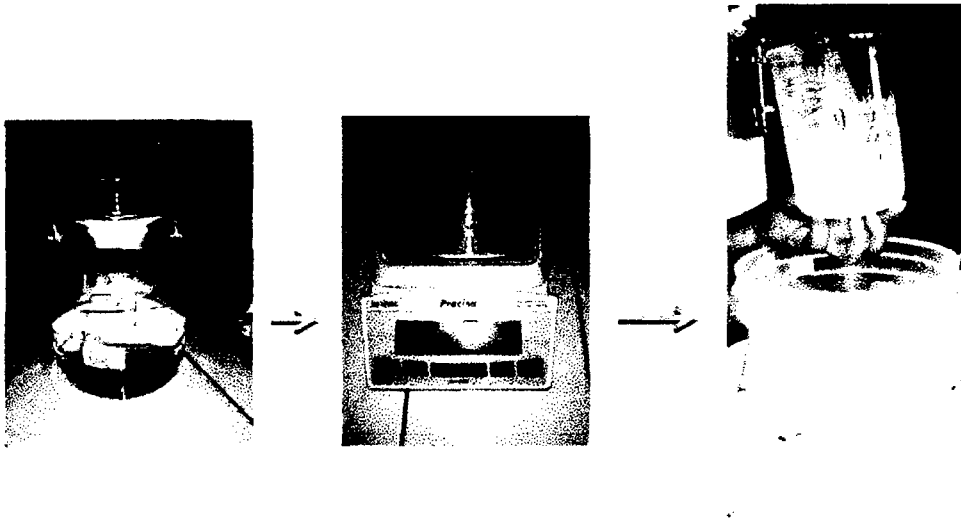
- **Rotura del Huevo:** romper el huevo manualmente, separando la cascara de la yema con clara.



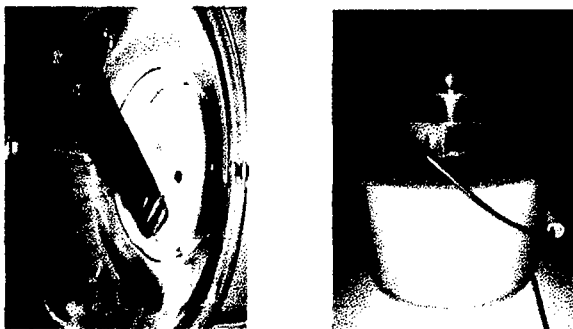
Pesado de la yema y clara obtenida

El objetivo de pesar es determinar el porcentaje de Humedad que perdería en la liofilización, para poder determinar el agua necesaria para consumir el producto.

- **Dilución (1:5)** del agua destilada con la yema de huevo, mezclar a una velocidad moderada, tratando en lo posible de no generar muchas burbujas.



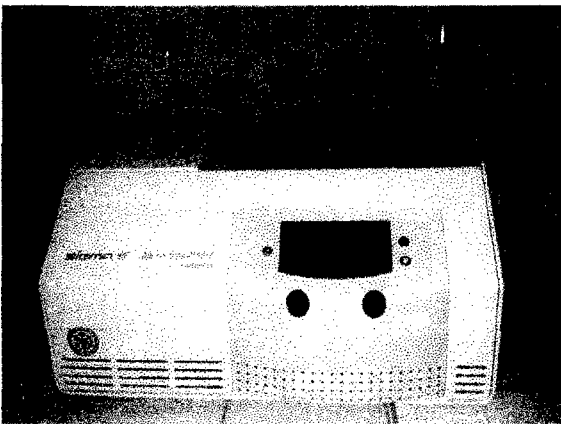
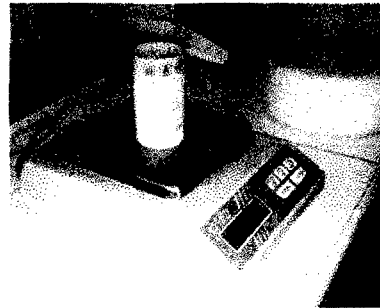
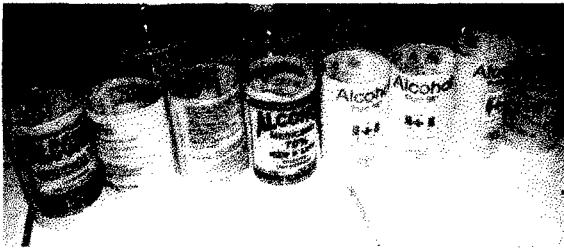
- **Neutralización** de la dilución con hidróxido de sodio a pH 7



Medidor De Ph Y
Conductividad
Marca: THERMO
SCIENTIFIC
Modelo: ORION STAR
A211
Proc: SINGAPUR



- **Centrifugado**



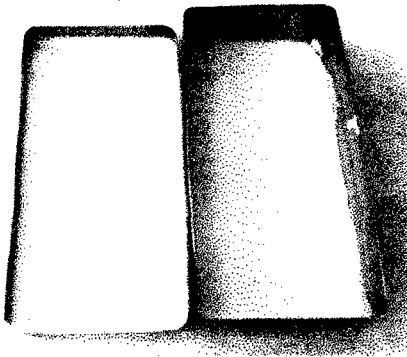
5000rpm /30 minutos

Sedimento

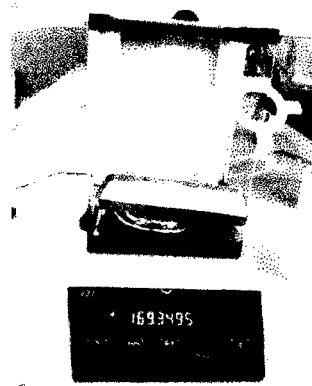
- **Refrigeración:** se refrigera el sedimento(lecitina) por 24horas



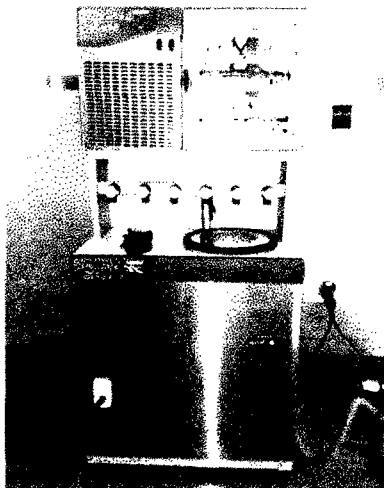
- **Liofilizado:** Se colocan las muestras Refrigeradas en el Liofilizador, el cual por medio de sublimación retira el agua del producto en un determinado tiempo (6 horas).



Sedimento Refrigerado/ 24 horas.

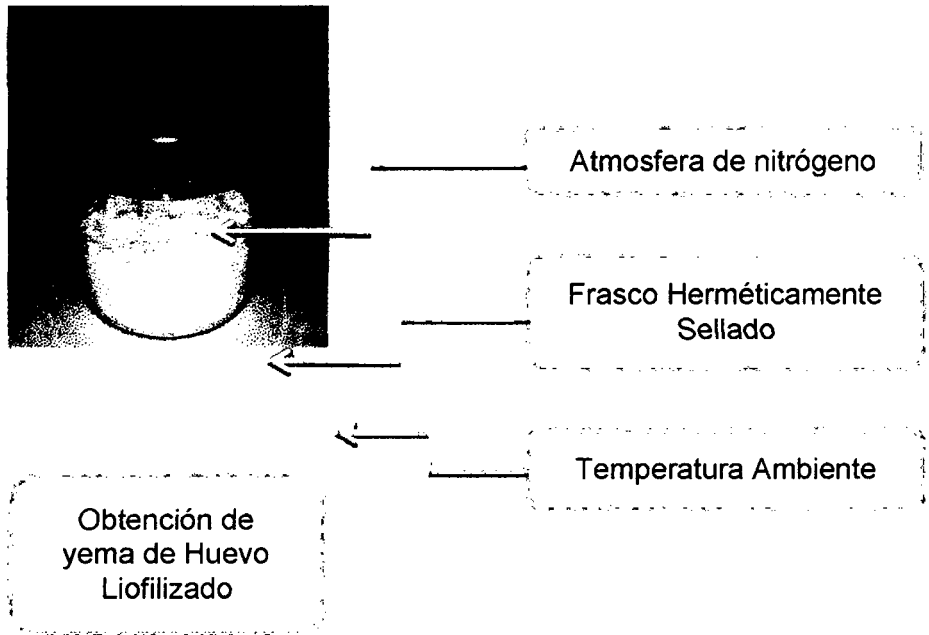


Equipo: Balanza Analítica
Marca: Precisa
Modelo: LX220A

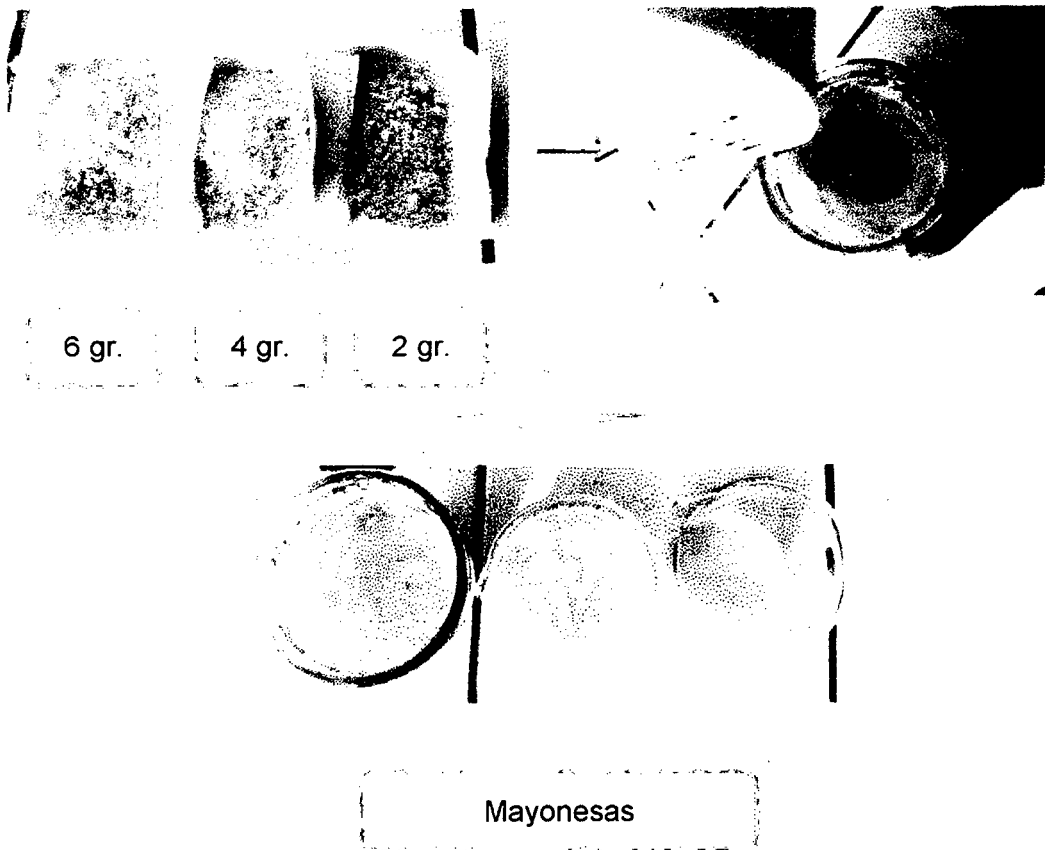


Equipo: Liofilizador
Marca: Labconco
Proc: U.S.A





- Preparación de las tres formulaciones de la mayonesa



- **Determinación de sus propiedades reológicas k, n, v, cuadros en Excel**



Spin CC -25 y CC-40

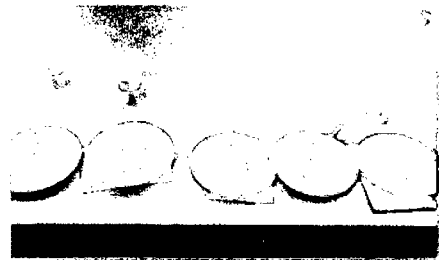


Se programa la
Temperatura a 23 °C por
un Tiempo: 2 min.

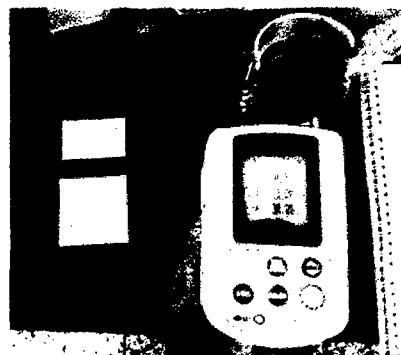


Reómetro (R/S Plus – Rheometer)
Marca: Brookfield

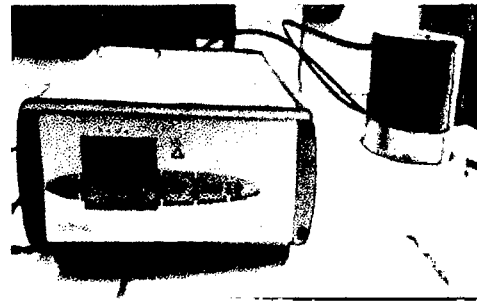
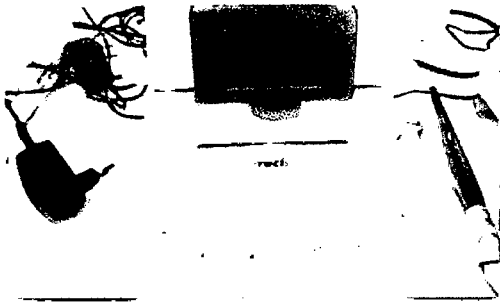
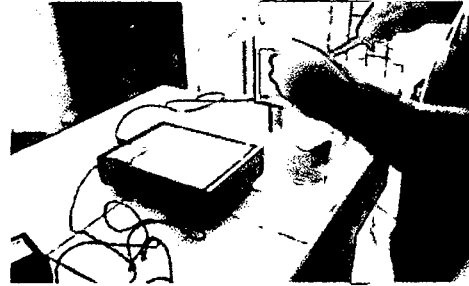
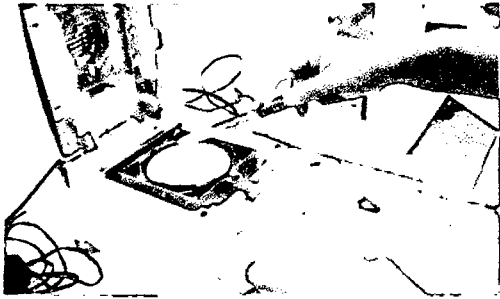
- **Determinación de sus propiedades Sensoriales:** Aceptabilidad, olor, color y viscosidad.



- **Análisis fisicoquímico:** Determinación de la humedad, actividad de agua, color de la yema de huevo liofilizado.



Colorímetro
 Marca: Chroma Meter CR-400
 Modelo: Measuring Equipment

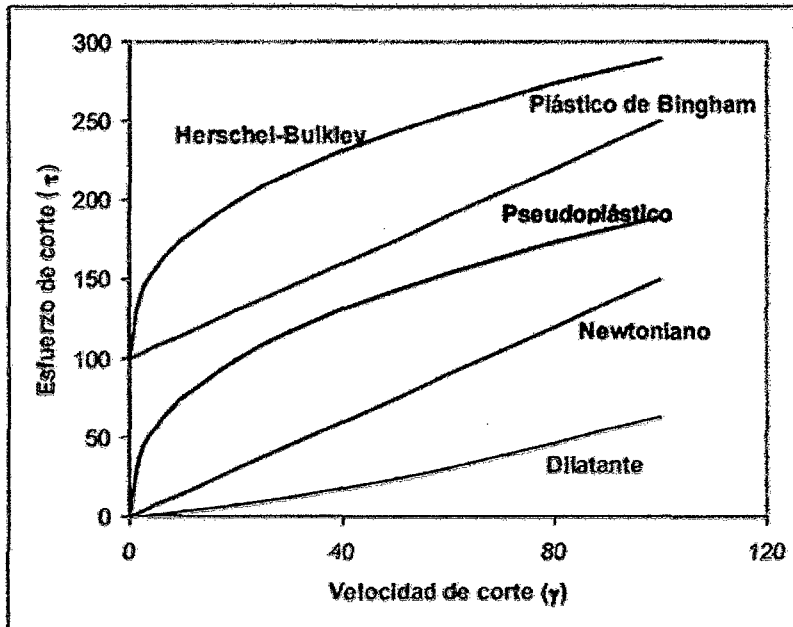


Analizador de Humedad
Marca = PRECISA
Modelo: XM50
PROC: SUECIA

Equipo de medición de
Actividad de agua
Marca: Rotronic
Modelo: Hygrolab

ANEXO N 02

MODELO DE OSTWALD DE WAELE O LEY DE LA POTENCIA, PARA FLUIDOS NO NEWTONIANOS – DE COMPORTAMIENTO REOLÓGICO SEUDOPLÁSTICO.



Formula: Lo aplicamos para determinar el comportamiento reológico de la mayonesa

$$\tau_{rz} = K\gamma^\eta$$

Dónde:

- τ = Esfuerzo Cortante (Pa)
- K = Índice de consistencia (constante reológico).
- γ = Ritmo Cortante (1/s)
- η = Índice de Comportamiento de Flujo (constante reológico)

**DATOS OBTENIDOS DEL REOMETRO CON 3 REPETICIONES POR
CADA CONCENTRACION (1.5% - 3% - 4.5% - ALACENA Y
HELLMANN'S)**

Datos Reológicos Mayonesas	Índice de Consistencia (K)	Índice de Comportamiento de Flujo (n)	Viscosidad Aparente (Pa.S)
MAYONESA COMERCIAL ALACENA	7.5799	0.4674	0.9778
	7.7211	0.4653	0.9733
	7.4387	0.4695	0.9950
MAYONESA COMERCIAL HELLMANN'S	7.6954	0.4663	0.9937
	7.5534	0.4624	0.9993
	7.8366	0.4633	0.9975
MAYONESA CON 1.5% DE YEMA LIOFILIZADA	4.3612	0.3185	0.3451
	4.5024	0.3164	0.3436
	4.2200	0.3206	0.3289
MAYONESA CON 3.0% DE YEMA LIOFILIZADA	7.7861	0.4701	0.9977
	7.9611	0.4619	0.9885
	7.8123	0.4681	0.9955
MAYONESA CON 4.5% DE YEMA LIOFILIZADA	59.4128	0.29	3.2400
	59.5540	0.2880	3.1894
	59.2716	0.2921	3.2386

DATOS DE 1.5% YEMA LIOFILIZADA (r=1)

Numero	Tiempo (s)	Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)	Viscosidad (Pa·s)	Temperatura (°C)
1	5	0.487	0.002	226.7891	20.2
2	10	6.665	4.165	1.6003	20.2
3	14	8.489	8.332	1.0188	20.1
4	19	9.566	12.501	0.7652	20.1
5	24	10.444	16.666	0.6266	20.1
6	29	11.300	20.831	0.5425	20.0
7	34	11.910	24.998	0.4764	20.0
8	38	12.584	29.163	0.4315	20.0
9	43	13.174	33.331	0.3952	19.9
10	48	13.707	37.495	0.3656	19.9
11	53	14.273	41.660	0.3426	19.9
12	58	14.647	45.830	0.3196	19.9
13	62	15.124	49.995	0.3025	19.8
14	67	15.566	54.162	0.2874	19.8
15	72	15.995	58.327	0.2742	19.8
16	77	16.470	62.494	0.2635	19.8
17	82	16.944	66.659	0.2542	19.8
18	86	17.391	70.826	0.2455	19.8
19	91	17.828	74.991	0.2377	19.8
20	96	18.284	79.158	0.231	19.8
21	101	18.780	83.323	0.2254	19.8
22	106	19.243	87.490	0.2199	19.8
23	110	19.629	91.657	0.2142	19.8
24	115	20.107	95.822	0.2098	19.8
25	120	20.589	99.989	0.2059	19.8
1	125	20.502	99.989	0.205	20
2	130	20.065	95.824	0.2094	20
3	134	19.616	91.657	0.214	20

4	139	19.157	87.490	0.219	20.1
5	144	18.707	83.325	0.2245	20.1
6	149	18.221	79.158	0.2302	20.1
7	154	17.737	74.991	0.2365	20.1
8	158	17.279	70.826	0.244	20.1
9	163	16.776	66.659	0.2517	20.1
10	168	16.277	62.492	0.2605	20.1
11	173	15.796	58.327	0.2708	20.1
12	178	15.255	54.160	0.2817	20.1
13	182	14.722	49.995	0.2945	20.1
14	187	14.173	45.828	0.3093	20.1
15	192	13.622	41.663	0.327	20.1
16	197	13.051	37.498	0.3481	20.1
17	202	12.459	33.328	0.3738	20.1
18	206	11.929	29.163	0.409	20.1
19	211	11.194	24.996	0.4478	20.1
20	216	10.555	20.831	0.5067	20.1
21	221	9.727	16.664	0.5837	20.1
22	226	8.895	12.497	0.7118	20.1
23	230	7.780	8.332	0.9337	20.1
24	235	6.309	4.167	1.5139	20.1
25	240	0.906	0.002	422.0017	20.1
PROM				0.3451	

El mejor Regresión

Ostwald $y = m \cdot x^k$

$y = 4.3612 \cdot x^{0.3185}$

x ... ritmo cortante[1/s]

y ... Esfuerzo cortante[Pa]

Desviación estándar: 0.742

Estabilidad Índice: 0.998

Pares de datos validos: 50

Constantes:

[0] 4.36116205959854

[1] 0.318541140776808

DATOS DE 1.5% YEMA LIOFILIZADA (r=2)

Numero	Tiempo (s)	Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)	Viscosidad (Pa·s)	Temperatura (°C)
1	5	0.716	0.003	238.8273	20.2
2	10	7.177	4.365	1.6442	20.2
3	14	8.839	8.432	1.0483	20.1
4	19	10.045	12.632	0.7952	20.1
5	24	10.993	16.797	0.6544	20.1
6	29	11.791	20.962	0.5625	20.0
7	34	12.487	25.129	0.4969	20.0
8	38	13.108	29.294	0.4475	20.0
9	43	13.671	33.462	0.4086	19.9
10	48	14.188	37.626	0.3771	19.9
11	53	14.667	41.791	0.3510	19.9
12	58	15.116	45.961	0.3289	19.9
13	62	15.536	50.126	0.3099	19.8
14	67	15.934	54.293	0.2935	19.8
15	72	16.311	58.458	0.2790	19.8
16	77	16.670	62.625	0.2662	19.8
17	82	17.013	66.790	0.2547	19.8
18	86	17.342	70.957	0.2444	19.8
19	91	17.658	75.122	0.2351	19.8
20	96	17.962	79.289	0.2265	19.8

21	101	18.255	83.454	0.2187	19.8
22	106	18.539	87.621	0.2116	19.8
23	110	18.813	91.788	0.2050	19.8
24	115	19.080	95.953	0.1988	19.8
25	120	19.338	100.120	0.1931	19.8
1	125	19.338	100.120	0.1931	20
2	130	19.080	95.955	0.1988	20
3	134	18.813	91.788	0.2050	20
4	139	18.539	87.621	0.2116	20.1
5	144	18.255	83.456	0.2187	20.1
6	149	17.962	79.289	0.2265	20.1
7	154	17.658	75.122	0.2351	20.1
8	158	17.342	70.957	0.2444	20.1
9	163	17.013	66.790	0.2547	20.1
10	168	16.670	62.623	0.2662	20.1
11	173	16.311	58.458	0.2790	20.1
12	178	15.934	54.291	0.2935	20.1
13	182	15.536	50.126	0.3099	20.1
14	187	15.115	45.959	0.3289	20.1
15	192	14.668	41.794	0.3510	20.1
16	197	14.189	37.629	0.3771	20.1
17	202	13.671	33.459	0.4086	20.1
18	206	13.108	29.294	0.4475	20.1
19	211	12.487	25.127	0.4969	20.1
20	216	11.791	20.962	0.5625	20.1
21	221	10.992	16.795	0.6545	20.1
22	226	10.044	12.628	0.7954	20.1
23	230	9.027	9.011	1.0017	20.1
24	235	7.000	4.035	1.7351	20.1
25	240	0.709	0.003	244.4268	20.1
PROM				0.3436	

El mejor Regresión

Ostwald $y = m \cdot x^k$

$y = 4.5024 \cdot x^{0.3164}$

x ... ritmo cortante[1/s]

y ... Esfuerzo cortante[Pa]

Desviación estándar: 0.74256

Estabilidad Índice: 0.99894

Pares de datos validos: 50

Constantes:

[0] 4.502416905959854

[1] 0.316437330776808

DATOS DE 1.5% YEMA LIOFILIZADA (r=3)

Numero	Tiempo (s)	Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)	Viscosidad (Pa·s)	Temperatura (°C)
1	5	2.092	0.112	18.675564	20.2
2	10	6.563	3.965	1.6552593	20.2
3	14	9.190	11.332	0.810992	20.1
4	19	9.452	12.370	0.764111	20.1
5	24	10.374	16.535	0.6273771	20.1
6	29	11.148	20.700	0.53857	20.0
7	34	11.824	24.867	0.4754731	20.0
8	38	12.425	29.032	0.4279902	20.0
9	43	12.971	33.200	0.390707	19.9

10	48	13.472	37.364	0.3605684	19.9
11	53	13.937	41.529	0.3355865	19.9
12	58	14.371	45.699	0.3144647	19.9
13	62	14.778	49.864	0.2963711	19.8
14	67	15.163	54.031	0.2806434	19.8
15	72	15.529	58.196	0.2668358	19.8
16	77	15.877	62.363	0.2545887	19.8
17	82	16.209	66.528	0.2436482	19.8
18	86	16.528	70.695	0.2337964	19.8
19	91	16.834	74.860	0.2248781	19.8
20	96	17.129	79.027	0.2167523	19.8
21	101	17.414	83.192	0.2093192	19.8
22	106	17.689	87.359	0.2024828	19.8
23	110	17.955	91.526	0.196173	19.8
24	115	18.213	95.691	0.1903306	19.8
25	120	18.464	99.858	0.1848978	19.8
1	125	18.464	99.858	0.1848978	20
2	130	18.213	95.693	0.1903279	20
3	134	17.955	91.526	0.196173	20
4	139	17.689	87.359	0.2024828	20.1
5	144	17.414	83.194	0.2093158	20.1
6	149	17.129	79.027	0.2167523	20.1
7	154	16.834	74.860	0.2248781	20.1
8	158	16.528	70.695	0.2337964	20.1
9	163	16.209	66.528	0.2436482	20.1
10	168	15.877	62.361	0.2545942	20.1
11	173	15.529	58.196	0.2668358	20.1
12	178	15.163	54.029	0.2806504	20.1
13	182	14.778	49.864	0.2963711	20.1
14	187	14.371	45.697	0.314474	20.1
15	192	13.937	41.532	0.33557	20.1
16	197	13.473	37.367	0.3605487	20.1

17	202	12.971	33.197	0.390731	20.1
18	206	12.425	29.032	0.4279902	20.1
19	211	11.823	24.865	0.475499	20.1
20	216	11.148	20.700	0.53857	20.1
21	221	10.373	16.533	0.6274286	20.1
22	226	9.451	12.366	0.764279	20.1
23	230	8.830	10.002	0.882782	20.1
24	235	6.564	3.967	1.6546922	20.1
25	240	2.092	0.112	18.675564	20.1
PROM				0.3289	

El mejor Regresión

Ostwald $y = m \cdot x^k$

$y = 4.2200 \cdot x^{0.3206}$

x ... ritmo cortante[1/s]

y ... Esfuerzo cortante[Pa]

Desviación estándar: 0.7841

Estabilidad Índice: 0.989

Pares de datos validos: 50

Constantes:

[0] 4.220013205959854

[1] 0.320562670776808

DATOS DE 3% YEMA LIOFILIZADA (r=1)

Numero	Tiempo (s)	Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)	Viscosidad (Pa·s)	Temperatura (°C)
1	5	3.759	0.003	1,455.7729	20.5
2	10	28.303	4.167	6.7916	20.5
3	14	21.095	8.333	2.5316	20.4
4	19	25.527	12.501	2.0420	20.4
5	24	29.222	16.667	1.7533	20.4
6	29	32.455	20.834	1.5578	20.4
7	34	35.358	25.000	1.4143	20.4
8	38	38.017	29.168	1.3034	20.4
9	43	40.479	33.334	1.2143	20.4
10	48	42.783	37.500	1.1409	20.4
11	53	44.956	41.667	1.0789	20.4
12	58	47.015	45.833	1.0258	20.4
13	62	48.979	50.000	0.9796	20.4
14	67	50.857	54.168	0.9389	20.4
15	72	52.660	58.334	0.9027	20.4
16	77	54.396	62.500	0.8703	20.4
17	82	56.071	66.667	0.8411	20.4
18	86	57.693	70.835	0.8145	20.4
19	91	59.264	75.001	0.7902	20.3

20	96	60.789	79.168	0.7679	20.3
21	101	62.273	83.334	0.7473	20.3
22	106	63.717	87.500	0.7282	20.3
23	110	65.126	91.667	0.7105	20.3
24	115	66.502	95.835	0.6939	20.3
25	120	67.846	100.001	0.6784	20.3
1	125	67.846	100.001	0.6784	20.3
2	130	66.502	95.834	0.6939	20.3
3	134	65.127	91.669	0.7105	20.3
4	139	63.717	87.500	0.7282	20.3
5	144	62.272	83.333	0.7473	20.3
6	149	60.789	79.168	0.7679	20.3
7	154	59.264	75.001	0.7902	20.3
8	158	57.692	70.833	0.8145	20.3
9	163	56.071	66.667	0.8411	20.3
10	168	54.396	62.500	0.8703	20.3
11	173	52.660	58.334	0.9027	20.3
12	178	50.856	54.166	0.9389	20.3
13	182	48.979	50.000	0.9796	20.3
14	187	47.015	45.833	1.0258	20.3
15	192	44.956	41.667	1.0789	20.3
16	197	42.783	37.500	1.1409	20.3

17	202	40.480	33.335	1.2143	20.3
18	206	38.015	29.166	1.3034	20.3
19	211	35.358	25.000	1.4143	20.3
20	216	32.454	20.833	1.5578	20.3
21	221	29.222	16.667	1.7533	20.3
22	226	25.525	12.499	2.0421	20.3
23	230	21.095	8.333	2.5316	20.3
24	235	27.281	4.167	6.5464	20.3
25	240	2.896	0.003	1,121.4581	20.3
				0.9977	

El mejor Regresión

Ostwald $y = m \cdot (x^k)^2$

$y = 8.1023 \cdot (x^{0.4598})$

x ... ritmo cortante[1/s]

y ... Esfuerzo cortante[Pa]

Desviación estándar: 0.851026213

Estabilidad Índice: 0.99838139

Pares de datos validos: 50

Constantes:

[0] 8.10231978545506

[1] 0.45978563016731

DATOS DE 3% YEMA LIOFILIZADA (r=2)

Numero	Tiempo (s)	Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)	Viscosidad (Pa·s)	Temperatura (°C)
1	5	0.395	0.002	263.3409	20.2
2	10	15.219	4.067	3.7422	20.2
3	14	21.163	8.303	2.5488	20.2
4	19	25.471	12.401	2.0539	20.2
5	24	28.954	16.367	1.7690	20.2
6	29	32.152	20.534	1.5658	20.2
7	34	35.218	25.010	1.4081	20.2
8	38	37.889	29.299	1.2932	20.2
9	43	40.289	33.465	1.2039	20.2
10	48	42.532	37.631	1.1302	20.2
11	53	44.646	41.798	1.0681	20.2
12	58	46.649	45.964	1.0149	20.2
13	62	48.557	50.131	0.9686	20.2
14	67	50.382	54.299	0.9279	20.2
15	72	52.132	58.465	0.8917	20.2
16	77	53.816	62.631	0.8593	20.1
17	82	55.441	66.798	0.8300	20.1
18	86	57.013	70.966	0.8034	20.1
19	91	58.535	75.132	0.7791	20.1
20	96	60.013	79.299	0.7568	20.1
21	101	61.449	83.465	0.7362	20.1
22	106	62.847	87.631	0.7172	20.1
23	110	64.210	91.798	0.6995	20.1
24	115	65.541	95.966	0.6830	20.1
25	120	66.840	100.132	0.6675	20.1
1	125	66.840	100.132	0.6675	20.1
2	130	65.541	95.965	0.6830	20.1

3	134	64.211	91.800	0.6995	20.1
4	139	62.847	87.631	0.7172	20.1
5	144	61.449	83.464	0.7362	20.1
6	149	60.013	79.299	0.7568	20.1
7	154	58.535	75.132	0.7791	20.1
8	158	57.012	70.964	0.8034	20.1
9	163	55.441	66.798	0.8300	20.1
10	168	53.816	62.631	0.8593	19.9
11	173	52.132	58.465	0.8917	19.9
12	178	50.381	54.297	0.9279	19.9
13	182	48.557	50.131	0.9686	19.9
14	187	46.649	45.964	1.0149	19.9
15	192	44.646	41.798	1.0681	19.9
16	197	42.532	37.631	1.1302	19.9
17	202	40.289	33.466	1.2039	19.9
18	206	37.888	29.297	1.2932	19.9
19	211	35.296	25.131	1.4045	19.9
20	216	32.180	20.573	1.5642	19.9
21	221	29.279	16.767	1.7462	19.9
22	226	25.582	12.519	2.0435	19.9
23	230	21.210	8.343	2.5422	19.9
24	235	15.561	4.267	3.6467	19.9
25	240	0.395	0.002	263.3409	19.9
				0.9885	

El mejor Regresión

$$\text{Ostwald } y = m \cdot (x^k)^2$$

$$y = 7.9611 \cdot (x^{0.4619})$$

x ... ritmo cortante[1/s]

y ... Esfuerzo cortante[Pa]

Desviación estándar: 0.872026213

Estabilidad Índice: 0.99848139

Pares de datos validos: 50

Constantes:

[0] 7.96113267545506

[1] 0.46186263016731

DATOS DE 3% YEMA LIOFILIZADA (r=3)

Numero	Tiempo (s)	Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)	Viscosidad (Pa·s)	Temperatura (°C)
1	5	0.515	0.003	171.6715	20
2	10	15.824	4.517	3.5032	20
3	14	20.910	8.193	2.5522	20
4	19	25.768	12.801	2.0130	20
5	24	28.712	16.129	1.7801	20
6	29	32.243	20.664	1.5603	20
7	34	35.249	24.999	1.4100	20
8	38	37.808	29.037	1.3021	20
9	43	40.257	33.203	1.2125	20
10	48	42.547	37.369	1.1386	20
11	53	44.706	41.536	1.0763	20
12	58	46.751	45.702	1.0230	20

13	62	48.701	49.869	0.9766	20
14	67	50.565	54.037	0.9358	20
15	72	52.354	58.203	0.8995	20
16	77	54.076	62.369	0.8670	19.9
17	82	55.738	66.536	0.8377	19.9
18	86	57.346	70.704	0.8111	19.9
19	91	58.904	74.870	0.7867	19.9
20	96	60.416	79.037	0.7644	19.9
21	101	61.887	83.203	0.7438	19.9
22	106	63.318	87.369	0.7247	19.9
23	110	64.714	91.536	0.7070	19.9
24	115	66.077	95.704	0.6904	19.9
25	120	67.408	99.870	0.6750	19.9
1	125	67.408	99.870	0.6750	19.9
2	130	66.077	95.703	0.6904	19.9
3	134	64.715	91.538	0.7070	19.9
4	139	63.318	87.369	0.7247	19.9
5	144	61.886	83.202	0.7438	19.9
6	149	60.416	79.037	0.7644	19.9
7	154	58.904	74.870	0.7867	19.9
8	158	57.345	70.702	0.8111	19.9
9	163	55.738	66.536	0.8377	19.9

10	168	54.076	62.369	0.8670	19.9
11	173	52.354	58.203	0.8995	20.1
12	178	50.564	54.035	0.9358	20.1
13	182	48.701	49.869	0.9766	20.1
14	187	46.751	45.702	1.0230	20.1
15	192	44.706	41.536	1.0763	20.1
16	197	42.547	37.369	1.1386	20.1
17	202	40.258	33.204	1.2124	20.1
18	206	37.807	29.035	1.3021	20.1
19	211	35.163	24.869	1.4139	20.1
20	216	32.329	20.783	1.5556	20.1
21	221	29.184	16.701	1.7474	20.1
22	226	25.415	12.429	2.0448	20.1
23	230	21.069	8.326	2.5305	20.1
24	235	15.401	4.263	3.6127	20.1
25	240	0.515	0.003	171.6715	20.1
				0.9955	

El mejor Regresión

Ostwald $y = m \cdot (x^k)^2$

$y = 7.8199 \cdot (x^{0.4640})$

x ... ritmo cortante[1/s]

y ... Esfuerzo cortante[Pa]

Desviación estándar: 0.864526213

Estabilidad Índice: 0.99838139

Pares de datos validos: 50

Constantes:

[0] 7.81993509812392

[1] 0.46396267034731

DATOS DE 4.5% YEMA LIOFILIZADA (r=1)

Numero	Tiempo (s)	Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)	Viscosidad (Pa·s)	Temperatura (°C)
1	5	13.431	0.005	2,600.8895	20.7
2	10	84.983	4.166	20.3989	20.7
3	14	105.252	8.337	12.6243	20.6
4	19	115.575	12.499	9.2464	20.6
5	24	125.865	16.667	7.5518	20.6
6	29	134.889	20.833	6.4748	20.6
7	34	143.223	25.000	5.7289	20.6
8	38	150.692	29.166	5.1667	20.6
9	43	158.006	33.335	4.7399	20.6
10	48	164.596	37.498	4.3894	20.5

11	53	170.740	41.667	4.0977	20.5
12	58	176.962	45.834	3.8609	20.5
13	62	182.447	49.999	3.6490	20.5
14	67	187.447	54.168	3.4605	20.5
15	72	192.498	58.334	3.2999	20.5
16	77	197.229	62.500	3.1557	20.5
17	82	201.825	66.667	3.0273	20.5
18	86	206.609	70.835	2.9168	20.5
19	91	210.887	75.001	2.8118	20.5
20	96	215.136	79.167	2.7175	20.4
21	101	219.092	83.334	2.6291	20.4
22	106	223.039	87.500	2.5490	20.4
23	110	226.763	91.667	2.4738	20.4
24	115	230.745	95.835	2.4077	20.4
25	120	233.036	100.001	2.3303	20.4
1	125	236.793	100.001	2.3679	20.4
2	130	233.056	95.835	2.4319	20.3
3	134	229.463	91.667	2.5032	20.3
4	139	225.764	87.501	2.5801	20.3
5	144	222.393	83.334	2.6687	20.3
6	149	218.504	79.168	2.7600	20.3
7	154	214.118	75.002	2.8548	20.3
8	158	209.529	70.835	2.9580	20.3
9	163	205.566	66.667	3.0835	20.3
10	168	201.155	62.501	3.2184	20.3
11	173	196.359	58.334	3.3661	20.3
12	178	191.632	54.166	3.5378	20.3
13	182	186.528	50.000	3.7305	20.3
14	187	181.200	45.834	3.9534	20.3
15	192	175.450	41.666	4.2109	20.3
16	197	169.549	37.501	4.5212	20.3
17	202	163.187	33.332	4.8958	20.3

18	206	156.419	29.166	5.3630	20.3
19	211	149.208	24.999	5.9686	20.3
20	216	140.697	20.833	6.7536	20.3
21	221	131.321	16.667	7.8792	20.3
22	226	120.150	12.499	9.6125	20.3
23	230	106.358	8.333	12.7628	20.3
24	235	86.931	4.167	20.8600	20.3
25	240	15.685	0.008	202.4904	20.3
PROM				3.2400	

El mejor Regresión

Ostwald $y = m \cdot x^k$

$y = 59.4128 \cdot x^{0.29}$

x ... ritmo cortante[1/s]

y ... Esfuerzo cortante[Pa]

Desviación estándar: 5.3953390202

Estabilidad Índice: 0.99914118

Pares de datos validos: 50

Constantes:

[0] 59.4128213725626

[1] 0.289985130785352

DATOS DE 4.5% YEMA LIOFILIZADA (r=2)

Numero	Tiempo (s)	Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)	Viscosidad (Pa·s)	Temperatura (°C)
1	5	9.945	0.002	4,972.5319	20.7
2	10	92.517	4.616	20.0426	20.7
3	14	110.179	8.467	13.0127	20.6
4	19	122.772	12.329	9.9580	20.6
5	24	132.738	16.167	8.2104	20.6
6	29	142.239	20.553	6.9206	20.6
7	34	150.318	24.899	6.0371	20.6
8	38	157.433	29.236	5.3849	20.6
9	43	163.680	33.466	4.8909	20.6
10	48	169.302	37.629	4.4992	20.5
11	53	174.503	41.798	4.1749	20.5
12	58	179.345	45.965	3.9018	20.5
13	62	183.882	50.130	3.6681	20.5
14	67	188.162	54.299	3.4653	20.5
15	72	192.210	58.465	3.2876	20.5
16	77	196.059	62.631	3.1304	20.5
17	82	199.730	66.798	2.9901	20.5
18	86	203.242	70.966	2.8639	20.5
19	91	206.609	75.132	2.7499	20.5
20	96	209.845	79.298	2.6463	20.4
21	101	212.963	83.465	2.5515	20.4
22	106	215.971	87.631	2.4646	20.4
23	110	218.880	91.798	2.3844	20.4
24	115	221.697	95.966	2.3102	20.4
25	120	224.427	100.132	2.2413	20.4
1	125	224.427	100.132	2.2413	20.4
2	130	221.697	95.966	2.3102	20.3
3	134	218.880	91.798	2.3844	20.3

4	139	215.972	87.632	2.4645	20.3
5	144	212.963	83.465	2.5515	20.3
6	149	209.846	79.299	2.6463	20.3
7	154	206.609	75.133	2.7499	20.3
8	158	203.242	70.966	2.8639	20.3
9	163	199.730	66.798	2.9901	20.3
10	168	196.060	62.632	3.1303	20.3
11	173	192.210	58.465	3.2876	20.3
12	178	188.160	54.297	3.4654	20.3
13	182	183.883	50.131	3.6680	20.3
14	187	179.345	45.965	3.9018	20.3
15	192	174.502	41.797	4.1750	20.3
16	197	169.306	37.632	4.4990	20.3
17	202	163.676	33.463	4.8913	20.3
18	206	157.402	29.216	5.3875	20.3
19	211	150.509	25.009	6.0182	20.3
20	216	142.597	20.733	6.8778	20.3
21	221	133.653	16.557	8.0723	20.3
22	226	122.943	12.389	9.9236	20.3
23	230	110.164	8.463	13.0171	20.3
24	235	90.506	4.277	21.1612	20.3
25	240	9.945	0.002	4,972.5319	20.3
PROM				3.1894	

El mejor Regresión

Ostwald $y = m \cdot x^{k2}$

$y = 59.5540 \cdot x^{0.2880}$

x ... ritmo cortante[1/s]

y ... Esfuerzo cortante[Pa]

Desviación estándar: 5.4013390202

Estabilidad Índice: 0.99894118

Pares de datos validos: 50

Constantes:

[0] 59.5539213725626

[1] 0.28793733785352

DATOS DE 4.5% YEMA LIOFILIZADA (r=3)

Numero	Tiempo (s)	Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)	Viscosidad (Pa·s)	Temperatura (°C)
1	5	8.311	0.001	6,926.1875	20.7
2	10	90.048	4.186	21.5117	20.7
3	14	110.506	8.437	13.0978	20.6
4	19	123.978	12.509	9.9111	20.6
5	24	134.153	16.387	8.1866	20.6
6	29	142.386	20.093	7.0863	20.6
7	34	151.968	25.112	6.0516	20.6
8	38	158.822	29.206	5.4380	20.6
9	43	164.887	33.204	4.9659	20.6
10	48	170.675	37.367	4.5675	20.5
11	53	176.031	41.536	4.2380	20.5
12	58	181.016	45.703	3.9607	20.5
13	62	185.687	49.868	3.7236	20.5
14	67	190.093	54.037	3.5178	20.5
15	72	194.262	58.203	3.3377	20.5
16	77	198.224	62.369	3.1783	20.5
17	82	202.005	66.536	3.0360	20.5
18	86	205.622	70.704	2.9082	20.5
19	91	209.089	74.870	2.7927	20.5

20	96	212.423	79.036	2.6877	20.4
21	101	215.635	83.203	2.5917	20.4
22	106	218.734	87.369	2.5036	20.4
23	110	221.732	91.536	2.4223	20.4
24	115	224.634	95.704	2.3472	20.4
25	120	227.448	99.870	2.2774	20.4
1	125	227.448	99.870	2.2774	20.4
2	130	224.634	95.704	2.3472	20.3
3	134	221.732	91.536	2.4223	20.3
4	139	218.735	87.370	2.5035	20.3
5	144	215.635	83.203	2.5917	20.3
6	149	212.424	79.037	2.6876	20.3
7	154	209.090	74.871	2.7927	20.3
8	158	205.622	70.704	2.9082	20.3
9	163	202.005	66.536	3.0360	20.3
10	168	198.225	62.370	3.1782	20.3
11	173	194.262	58.203	3.3377	20.3
12	178	190.091	54.035	3.5179	20.3
13	182	185.688	49.869	3.7235	20.3
14	187	181.016	45.703	3.9607	20.3
15	192	176.029	41.535	4.2381	20.3
16	197	170.679	37.370	4.5673	20.3
17	202	164.883	33.201	4.9662	20.3
18	206	158.870	29.236	5.4340	20.3
19	211	151.519	24.859	6.0951	20.3
20	216	144.079	20.923	6.8862	20.3
21	221	134.225	16.417	8.1760	20.3
22	226	124.382	12.649	9.8333	20.3
23	230	112.181	8.883	12.6288	20.3
24	235	94.967	5.022	18.9102	20.3
25	240	8.311	0.001	6,926.1875	20.3
PROM				3.2386	

El mejor Regresión

Ostwald $y = m \cdot x^k$

$$y = 59.2716 \cdot x^{0.2921}$$

x ... ritmo cortante[1/s]

y ... Esfuerzo cortante[Pa]

Desviación estándar: 5.5153390202

Estabilidad Índice: 0.99794118

Pares de datos validos: 50

Constantes:

[0] 59.27163213725626

[1] 0.292085130785352

DATOS MAYONESA COMERCIAL ALACENA (r=1)

Numero	Tiempo (s)	Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)	Viscosidad (Pa·s)	Temperatura (°C)
1	5	0.000	0.001	0.0000	19.7
2	10	15.548	4.167	3.7309	19.7
3	14	20.162	8.333	2.4194	19.7
4	19	24.221	12.501	1.9376	19.7
5	24	27.342	16.667	1.6405	19.7
6	29	30.218	20.834	1.4504	19.7
7	34	32.991	25.000	1.3196	19.7

8	38	35.428	29.166	1.2147	19.7
9	43	37.789	33.334	1.1337	19.7
10	48	39.957	37.501	1.0655	19.7
11	53	42.094	41.667	1.0102	19.7
12	58	44.071	45.834	0.9615	19.7
13	62	46.051	50.000	0.9210	19.7
14	67	48.015	54.168	0.8864	19.7
15	72	49.842	58.334	0.8544	19.7
16	77	51.671	62.501	0.8267	19.7
17	82	53.273	66.667	0.7991	19.7
18	86	55.114	70.833	0.7781	19.7
19	91	56.840	75.001	0.7579	19.7
20	96	58.453	79.168	0.7383	19.7
21	101	60.062	83.334	0.7207	19.7
22	106	61.583	87.500	0.7038	19.7
23	110	63.247	91.667	0.6900	19.7
24	115	64.839	95.834	0.6766	19.7
25	120	66.319	100.001	0.6632	19.7
1	125	67.589	100.001	0.6759	20.0
2	130	65.845	95.834	0.6871	20.0
3	134	64.266	91.667	0.7011	20.0
4	139	62.834	87.500	0.7181	20.0

5	144	61.306	83.334	0.7357	20.0
6	149	59.701	79.167	0.7541	20.1
7	154	57.858	75.001	0.7714	20.1
8	158	56.420	70.833	0.7965	20.1
9	163	54.712	66.667	0.8207	20.1
10	168	53.050	62.501	0.8488	20.1
11	173	51.053	58.334	0.8752	20.1
12	178	49.394	54.166	0.9119	20.1
13	182	47.365	50.000	0.9473	20.1
14	187	45.256	45.833	0.9874	20.1
15	192	43.330	41.667	1.0399	20.1
16	197	41.266	37.500	1.1004	20.1
17	202	38.532	33.334	1.1560	20.1
18	206	36.237	29.166	1.2424	20.1
19	211	33.878	25.000	1.3551	20.1
20	216	30.943	20.833	1.4853	20.1
21	221	28.119	16.666	1.6873	20.1
22	226	25.128	12.501	2.0101	20.1
23	230	20.639	8.333	2.4767	20.1
24	235	15.866	4.166	3.8085	20.2
25	240	0.000	0.001	0.0000	20.1
				0.9778	

El mejor Regresión

Ostwald $y = m \cdot x^k$

$y = 7.5799 \cdot x^{0.4674}$

x ... ritmo cortante[1/s]

y ... Esfuerzo cortante[Pa]

Desviación estándar: 0.9474019248

Estabilidad Índice: 0.9996268327

Pares de datos validos: 48

Constantes:

[0] 7.57986173224989

[1] 0.467388764857254

DATOS MAYONESA COMERCIAL ALACENA (r=2)

Numero	Tiempo (s)	Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)	Viscosidad (Pa·s)	Temperatura (°C)
1	5	0.428	0.002	214.1995	19.9
2	10	15.133	4.247	3.5632	19.9
3	14	20.846	8.453	2.4661	19.9
4	19	24.886	12.370	2.0118	19.9
5	24	28.485	16.536	1.7226	19.9
6	29	31.625	20.703	1.5276	19.9
7	34	34.441	24.869	1.3849	19.9

8	38	37.015	29.035	1.2748	19.9
9	43	39.399	33.203	1.1866	19.9
10	48	41.627	37.370	1.1139	19.9
11	53	43.725	41.536	1.0527	19.9
12	58	45.714	45.703	1.0002	19.9
13	62	47.608	49.869	0.9547	19.9
14	67	49.420	54.037	0.9146	19.9
15	72	51.157	58.203	0.8789	19.7
16	77	52.830	62.370	0.8470	19.7
17	82	54.444	66.536	0.8183	19.7
18	86	56.004	70.702	0.7921	19.7
19	91	57.517	74.870	0.7682	19.7
20	96	58.985	79.037	0.7463	19.7
21	101	60.412	83.203	0.7261	19.7
22	106	61.801	87.369	0.7074	19.7
23	110	63.155	91.536	0.6899	19.7
24	115	64.477	95.703	0.6737	19.7
25	120	65.768	99.870	0.6585	19.7
1	125	65.768	99.870	0.6585	20.0
2	130	64.477	95.703	0.6737	20.0
3	134	63.155	91.536	0.6899	20.0
4	139	61.801	87.369	0.7074	20.0

5	144	60.412	83.203	0.7261	20.0
6	149	58.984	79.036	0.7463	20.1
7	154	57.517	74.870	0.7682	20.1
8	158	56.004	70.702	0.7921	20.1
9	163	54.444	66.536	0.8183	20.1
10	168	52.830	62.370	0.8470	20.1
11	173	51.157	58.203	0.8789	20.1
12	178	49.419	54.035	0.9146	20.2
13	182	47.608	49.869	0.9547	20.2
14	187	45.714	45.702	1.0003	20.2
15	192	43.725	41.536	1.0527	20.2
16	197	41.626	37.369	1.1139	20.2
17	202	39.399	33.203	1.1866	20.2
18	206	37.015	29.035	1.2748	20.1
19	211	34.441	24.869	1.3849	20.2
20	216	31.624	20.702	1.5276	20.2
21	221	28.484	16.535	1.7227	20.2
22	226	24.824	12.304	2.0176	20.2
23	230	21.387	8.932	2.3945	20.1
24	235	14.884	4.098	3.6319	20.1
25	240	0.428	0.002	214.1995	20.2
				0.9733	

El mejor Regresión

Ostwald $y = m \cdot x^k$

$y = 7.7211 \cdot x^{0.4653}$

x ... ritmo cortante[1/s]

y ... Esfuerzo cortante[Pa]

Desviación estándar: 0.9381019248

Estabilidad Índice: 0.9986468327

Pares de datos validos: 50

Constantes:

[0] 7.721103173224989

[1] 0.465328764857254

DATOS MAYONESA COMERCIAL ALACENA (r=3)

Numero	Tiempo (s)	Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)	Viscosidad (Pa·s)	Temperatura (°C)
1	5	0.290	0.001	290.4	19.9
2	10	15.500	4.776	3.24529	19.9
3	14	20.210	8.405	2.40453	19.9
4	19	24.470	12.632	1.93716	19.9
5	24	27.974	16.798	1.66532	19.9
6	29	31.041	20.965	1.48062	19.9
7	34	33.798	25.131	1.34489	19.9

8	38	36.322	29.297	1.23979	19.9
9	43	38.663	33.465	1.15532	19.9
10	48	40.853	37.632	1.08559	19.9
11	53	42.917	41.798	1.02677	19.9
12	58	44.875	45.965	0.97629	19.9
13	62	46.741	50.131	0.93237	19.9
14	67	48.527	54.299	0.8937	19.9
15	72	50.241	58.465	0.85933	19.7
16	77	51.891	62.632	0.82851	19.7
17	82	53.484	66.798	0.80068	19.7
18	86	55.025	70.964	0.77539	19.7
19	91	56.519	75.132	0.75227	19.7
20	96	57.970	79.299	0.73103	19.7
21	101	59.380	83.465	0.71144	19.7
22	106	60.754	87.631	0.69329	19.7
23	110	62.094	91.798	0.67642	19.7
24	115	63.401	95.965	0.66067	19.7
25	120	64.679	100.132	0.64594	19.7
1	125	64.679	100.132	0.64594	20.0
2	130	63.401	95.965	0.66067	20.0
3	134	62.094	91.798	0.67642	20.0
4	139	60.754	87.631	0.69329	20.0

5	144	59.380	83.465	0.71144	20.0
6	149	57.970	79.298	0.73104	20.1
7	154	56.519	75.132	0.75227	20.1
8	158	55.025	70.964	0.77539	20.1
9	163	53.484	66.798	0.80068	20.1
10	168	51.891	62.632	0.82851	20.1
11	173	50.241	58.465	0.85933	20.1
12	178	48.526	54.297	0.89371	20.2
13	182	46.741	50.131	0.93237	20.2
14	187	44.875	45.964	0.9763	20.2
15	192	42.917	41.798	1.02677	20.2
16	197	40.852	37.631	1.0856	20.2
17	202	38.663	33.465	1.15532	20.2
18	206	36.322	29.297	1.23979	20.1
19	211	33.798	25.131	1.34489	20.2
20	216	31.041	20.964	1.48066	20.2
21	221	27.973	16.797	1.66537	20.2
22	226	24.095	12.223	1.97128	20.2
23	230	20.509	8.672	2.36497	20.1
24	235	15.817	4.987	3.17171	20.1
25	240	0.290	0.001	290.4	20.2
				0.9950	

El mejor Regresión

Ostwald $y = m \cdot x^k$

$y = 7.4387 \cdot x^{0.4695}$

x ... ritmo cortante[1/s]

y ... Esfuerzo cortante[Pa]

Desviación estándar: 0.9647019248

Estabilidad Índice: 0.9987946833

Pares de datos validos: 50

Constantes:

[0] 7.438723095457222

[1] 0.469462672312331

DATOS MAYONESA COMERCIAL HELLMANN'S (r=1)

Numero	Tiempo (s)	Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)	Viscosidad (Pa·s)	Temperatura (°C)
1	5		0.003		20,3
2	10	15.944	4.990	3.1950	20,3
3	14	20.905	8.978	2.3285	20,3
4	19	24.767	12.965	1.9103	20,3
5	24	28.028	16.952	1.6533	20,3
6	29	30.897	20.940	1.4755	20,3
7	34	33.484	24.927	1.3433	20,3

8	38	35.856	28.914	1.2401	20,3
9	43	38.058	32.902	1.1567	20,3
10	48	40.120	36.889	1.0876	20,3
11	53	42.065	40.876	1.0291	20,3
12	58	43.911	44.864	0.9788	20,1
13	62	45.670	48.851	0.9349	20,1
14	67	47.353	52.838	0.8962	20,1
15	72	48.969	56.826	0.8617	20,1
16	77	50.525	60.813	0.8308	20,1
17	82	52.027	64.801	0.8029	20,1
18	86	53.480	68.788	0.7775	20,1
19	91	54.889	72.775	0.7542	20,1
20	96	56.256	76.763	0.7329	20,1
21	101	57.586	80.750	0.7131	20,1
22	106	58.880	84.737	0.6949	20,1
23	110	60.143	88.725	0.6779	20,1
24	115	61.375	92.712	0.6620	20,1
25	120	62.579	96.699	0.6471	20,1
1	125	62.578	96.698	0.6472	20,1
2	130	61.374	92.711	0.6620	20,1
3	134	60.142	88.723	0.6779	20,1
4	139	58.880	84.736	0.6949	20,1

5	144	57.585	80.749	0.7131	20,1
6	149	56.256	76.761	0.7329	20,1
7	154	54.888	72.774	0.7542	20,1
8	158	53.480	68.787	0.7775	20,1
9	163	52.027	64.799	0.8029	20,3
10	168	50.525	60.812	0.8308	20,3
11	173	48.969	56.825	0.8618	20,3
12	178	47.352	52.837	0.8962	20,3
13	182	45.669	48.850	0.9349	20,3
14	187	43.910	44.863	0.9788	20,3
15	192	42.065	40.875	1.0291	20,3
16	197	40.119	36.888	1.0876	20,3
17	202	38.057	32.900	1.1567	20,3
18	206	35.855	28.913	1.2401	20,3
19	211	33.483	24.926	1.3433	20,3
20	216	30.896	20.938	1.4756	20,3
21	221	28.027	16.951	1.6534	20,3
22	226	24.766	12.964	1.9104	20,3
23	230	20.903	8.976	2.3287	20,3
24	235	15.425	4.645	3.3208	20,3
25	240		0.003		20,3

El mejor Regresión

Ostwald $y = m \cdot (x^k)^2$

$y = 7.6954 \cdot (x^{0.4663})$

x ... ritmo cortante[1/s]

y ... Esfuerzo cortante[Pa]

Desviación estándar: 0.96575788

Estabilidad Índice: 0.994506666

Pares de datos validos: 50

Constantes:

[0] 7.59540238832441

[1] 0.46132198383772

DATOS MAYONESA COMERCIAL HELLMANN'S (r=2)

Numero	Tiempo (s)	Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)	Viscosidad (Pa·s)	Temperatura (°C)
1	5		0.002		20.2
2	10	15.237	4.561	3.3407	20.2
3	14	20.373	8.548	2.3832	20.2
4	19	24.318	12.536	1.9399	20.2
5	24	27.630	16.523	1.6722	20.2
6	29	30.535	20.510	1.4888	20.2
7	34	33.149	24.498	1.3532	20.2

8	38	35.543	28.485	1.2478	20.2
9	43	37.763	32.472	1.1629	20.2
10	48	39.841	36.460	1.0927	20.2
11	53	41.799	40.447	1.0334	20.2
12	58	43.656	44.434	0.9825	20.2
13	62	45.426	48.422	0.9381	20.2
14	67	47.119	52.409	0.8991	20.2
15	72	48.744	56.396	0.8643	20.2
16	77	50.308	60.384	0.8331	20.2
17	82	51.818	64.371	0.8050	19.9
18	86	53.278	68.359	0.7794	19.9
19	91	54.693	72.346	0.7560	19.9
20	96	56.067	76.333	0.7345	19.9
21	101	57.403	80.321	0.7147	19.9
22	106	58.703	84.308	0.6963	19.9
23	110	59.971	88.295	0.6792	19.9
24	115	61.209	92.283	0.6633	19.9
25	120	62.418	96.270	0.6484	19.9
1	125	62.418	96.269	0.6484	19.9
2	130	61.209	92.282	0.6633	19.9
3	134	59.971	88.295	0.6792	19.9
4	139	58.703	84.307	0.6963	19.9

5	144	57.403	80.320	0.7147	19.9
6	149	56.067	76.333	0.7345	19.9
7	154	54.693	72.345	0.7560	19.9
8	158	53.278	68.358	0.7794	19.9
9	163	51.818	64.370	0.8050	19.9
10	168	50.308	60.383	0.8331	19.9
11	173	48.744	56.396	0.8643	20.2
12	178	47.119	52.408	0.8991	20.2
13	182	45.426	48.421	0.9381	20.2
14	187	43.656	44.434	0.9825	20.2
15	192	41.799	40.446	1.0334	20.2
16	197	39.840	36.459	1.0927	20.2
17	202	37.763	32.472	1.1629	20.2
18	206	35.543	28.484	1.2478	20.2
19	211	33.149	24.497	1.3532	20.2
20	216	30.535	20.510	1.4888	20.2
21	221	27.630	16.522	1.6723	20.2
22	226	24.317	12.535	1.9400	20.2
23	230	20.372	8.548	2.3833	20.2
24	235	15.236	4.560	3.3409	20.2
25	240		0.002		20.2
				0.9993	

El mejor Regresión

Ostwald $y = m \cdot (x^k)^2$

$y = 7.5534 \cdot (x^{0.4624})$

x ... ritmo cortante[1/s]

y ... Esfuerzo cortante[Pa]

Desviación estándar: 0.96975788

Estabilidad Índice: 0.989506666

Pares de datos validos: 50

Constantes:

[0] 7.55341138832453

[1] 0.46238267383155

DATOS MAYONESA COMERCIAL HELLMANN'S (r=3)

Numero	Tiempo (s)	Esfuerzo cortante (Pa)	ritmo cortante (1/s)	Viscosidad (Pa·s)	Temperatura (°C)
1	5	0.319	0.001	319.3211	20.0
2	10	15.393	4.294	3.5848	20.0
3	14	20.868	8.281	2.5199	20.0
4	19	25.036	12.269	2.0407	20.0
5	24	28.523	16.256	1.7546	20.0
6	29	31.574	20.243	1.5597	20.0
7	34	34.317	24.231	1.4162	20.0

8	38	36.826	28.218	1.3051	20.0
9	43	39.152	32.205	1.2157	20.0
10	48	41.327	36.193	1.1419	20.0
11	53	43.378	40.180	1.0796	20.0
12	58	45.321	44.167	1.0261	20.0
13	62	47.173	48.155	0.9796	20.0
14	67	48.944	52.142	0.9387	20.0
15	72	50.644	56.129	0.9023	20.0
16	77	52.280	60.117	0.8696	20.2
17	82	53.859	64.104	0.8402	19.9
18	86	55.386	68.092	0.8134	19.9
19	91	56.866	72.079	0.7889	20.1
20	96	58.302	76.066	0.7665	20.1
21	101	59.699	80.054	0.7457	20.1
22	106	61.058	84.041	0.7265	20.1
23	110	62.384	88.028	0.7087	20.1
24	115	63.677	92.016	0.6920	20.1
25	120	64.941	96.003	0.6764	20.1
1	125	64.941	96.003	0.6765	20.1
2	130	63.677	92.015	0.6920	20.1
3	134	62.384	88.028	0.7087	20.1
4	139	61.058	84.040	0.7265	20.1

5	144	59.698	80.053	0.7457	20.1
6	149	58.302	76.066	0.7665	20.1
7	154	56.866	72.078	0.7889	20.1
8	158	55.386	68.091	0.8134	20.1
9	163	53.859	64.104	0.8402	20.1
10	168	52.280	60.116	0.8696	20.0
11	173	50.644	56.129	0.9023	20.0
12	178	48.944	52.142	0.9387	20.0
13	182	47.173	48.154	0.9796	20.0
14	187	45.321	44.167	1.0261	20.0
15	192	43.377	40.180	1.0796	20.0
16	197	41.327	36.192	1.1419	20.0
17	202	39.152	32.205	1.2157	20.0
18	206	36.826	28.218	1.3051	20.0
19	211	34.316	24.230	1.4163	20.0
20	216	31.574	20.243	1.5597	20.0
21	221	28.522	16.256	1.7546	20.0
22	226	25.036	12.268	2.0407	20.0
23	230	20.868	8.281	2.5200	20.0
24	235	15.393	4.294	3.5850	20.0
25	240	0.319	0.001	319.3211	20.0
				0.9975	

El mejor Regresión

Ostwald $y = m \cdot (x^k)^2$

$y = 7.8366 \cdot (x^{0.4633})$

x ... ritmo cortante[1/s]

y ... Esfuerzo cortante[Pa]

Desviación estándar: 0.96575788

Estabilidad Índice: 0.994506666

Pares de datos validos: 50

Constantes:

[0] 7.836602388238321

[1] 0.463257338464532

ANALISIS ESTADISTICO

VISCOSIDAD:

Alacena	Hellmanns	1.5%	3%	4.5%
0.9778	0.9937	0.3451	0.9977	3.2400
0.9733	0.9993	0.3436	0.9885	3.1894
0.9950	0.9975	0.3289	0.9955	3.2386

Comparación de Varias Muestras

Muestra 1: M Alacena (Mayonesa Comercial 1)

Muestra 2: M Hellmanns (Mayonesa Comercial 2)

Muestra 3: Muestra 1 (Liofilizado 1.5%)

Muestra 4: Muestra 2 (Liofilizado 3%)

Muestra 5: Muestra 3 (Liofilizado 4.5%)

- Muestra 1: 3 valores en el rango de 0.9733 a 0.995
- Muestra 2: 3 valores en el rango de 0.9937 a 0.9993
- Muestra 3: 3 valores en el rango de 0.3289 a 0.3451
- Muestra 4: 3 valores en el rango de 0.9885 a 0.9977
- Muestra 5: 3 valores en el rango de 3.1894 a 3.24

El StatAdvisor

Este procedimiento compara los datos en 5 columnas del archivo de datos actual. Realiza varias pruebas estadísticas y gráficas para comparar las muestras. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias. Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples le dirán cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Si le preocupa la presencia de valores atípicos, puede elegir la Prueba de Kruskal-Wallis la cual compara las medianas en lugar de las medias. Las diferentes gráficas le ayudarán a juzgar la significancia práctica de los resultados, así como le permitirán buscar posibles violaciones de los supuestos subyacentes en el análisis de varianza.

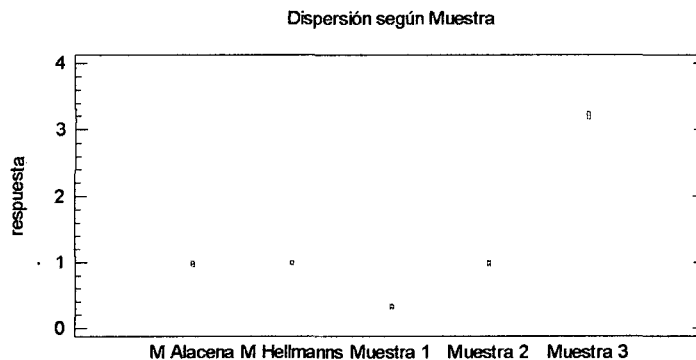
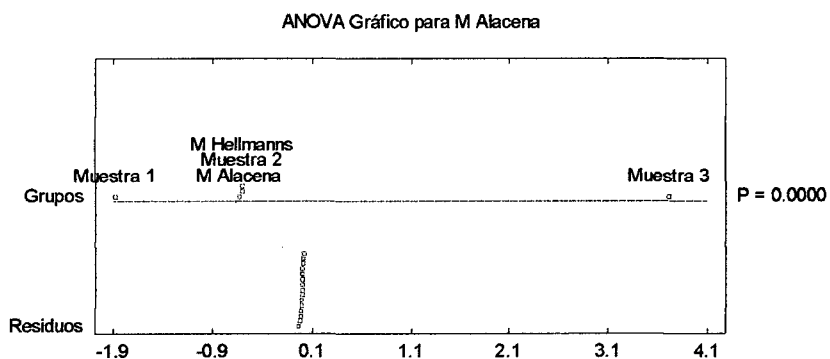


Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	14.7188	4	3.67969	17146.10	0.0000
Intra grupos	0.00214608	10	0.000214608		
Total (Corr.)	14.7209	14			

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 17146.1, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 5 variables con un nivel del 95.0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, seleccione Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.



Método: 95.0 porcentaje LSD

	Caso	Media	Grupos Homogéneos
Muestra 1	3	0.3392	X
M Alacena	3	0.982033	X
Muestra 2	3	0.9939	X
M Hellmanns	3	0.996833	X
Muestra 3	3	3.22267	X

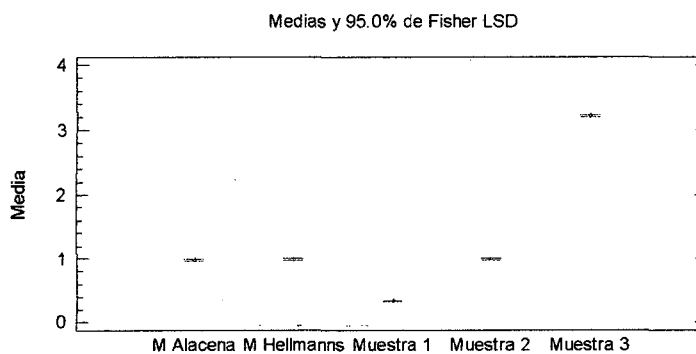
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
M Alacena - M Hellmanns		-0.0148	0.02665 14
M Alacena - Muestra 1	*	0.642833	0.02665 14
M Alacena - Muestra 2		-0.0118667	0.02665 14
M Alacena - Muestra 3	*	-2.24063	0.02665 14
M Hellmanns - Muestra 1	*	0.657633	0.02665 14
M Hellmanns - Muestra 2		0.00293333	0.02665 14
M Hellmanns - Muestra 3	*	-2.22583	0.02665 14
Muestra 1 - Muestra 2	*	-0.6547	0.02665 14
Muestra 1 - Muestra 3	*	-2.88347	0.02665 14

Muestra 2 - Muestra 3	*	-2.22877	0.02665
			14

* indica una diferencia significativa.

El StatAdvisor

Esta tabla aplica un procedimiento de j_i para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 7 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 3 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.



INDICE DE CONCISTENCIA (k)

Alacena	Hellmanns	1.5%	3%	4.5%
7.5799	7.6954	4.3612	7.7861	59.4128
7.7211	7.5534	4.5024	7.9611	59.5540
7.4387	7.8366	4.2200	7.8123	59.2716

Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
M Alacena	3	7.5799	0.1412	1.86282%	7.4387	7.7211	0.2824
M Hellmanns	3	7.6951	0.1416	1.84013%	7.5534	7.8366	0.2832
Muestra 1	3	4.3612	0.1412	3.23764%	4.22	4.5024	0.2824
Muestra 2	3	7.8531	0.0943865	1.20189%	7.7861	7.9611	0.175
Muestra 3	3	59.412	0.1412	0.237659%	59.271	59.554	0.2824
Total	15	17.380	21.7957	125.403%	4.22	59.554	55.334

	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
M Alacena	0.0	
M Hellmanns	-0.0059924	
Muestra 1	0.0	
Muestra 2	1.11944	
Muestra 3	0.0	
Total	2.61802	0.688621

El StatAdvisor

Esta tabla muestra varios estadísticos para cada una de las 5 columnas de datos. Para probar diferencias significativas entre las medias de las columnas, seleccione Tabla ANOVA de la lista de Opciones Tabulares. Seleccione Gráfico de Medias de la lista de Opciones Gráficas para mostrar gráficamente las medias.

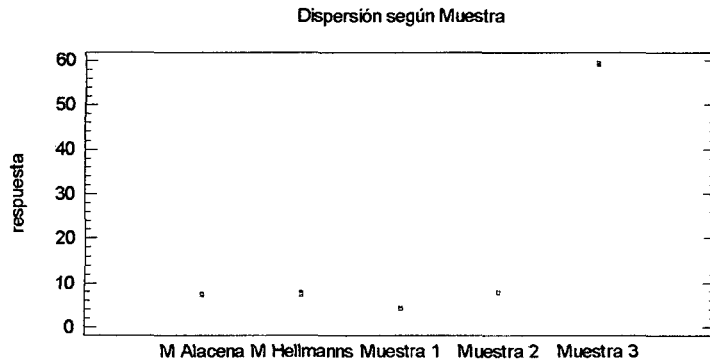


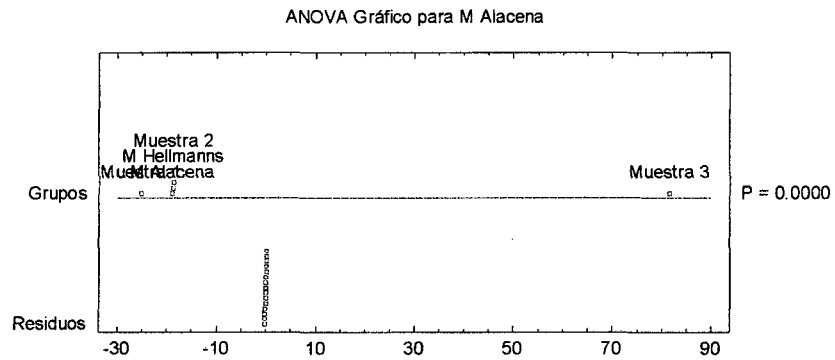
Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	de Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	6650.53	4	1662.63	93646.54	0.0000
Intra grupos	0.177543	10	0.0177543		
Total (Corr.)	6650.71	14			

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 93646.5, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia

estadísticamente significativa entre las medias de las 5 variables con un nivel del 95.0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, seleccione Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.



Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95.0 porcentaje LSD

	Caso	Media	Grupos Homogéneos
Muestra 1	3	4.3612	X
M Alacena	3	7.5799	X
M Hellmanns	3	7.6951	XX
Muestra 2	3	7.8531	X
Muestra 3	3	59.412	X

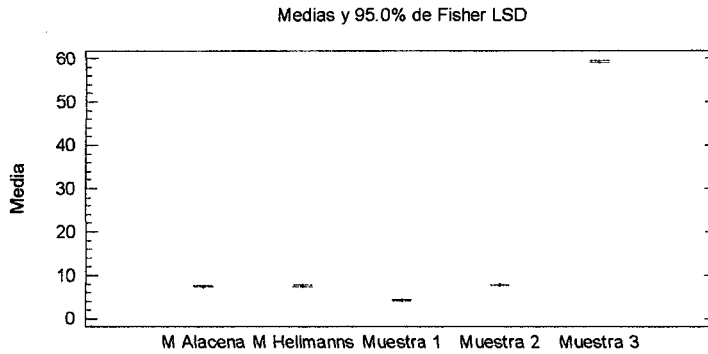
<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
M Alacena - M Hellmanns		-0.115233	0.24241
M Alacena Muestra 1	*	3.2187	0.24241
M Alacena Muestra 2	*	-0.273267	0.24241
M Alacena Muestra 3	*	-51.8329	0.24241
M Hellmanns Muestra 1	*	3.33393	0.24241
M Hellmanns Muestra 2		-0.158033	0.24241
M Hellmanns Muestra 3	*	-51.7177	0.24241
Muestra 1 - Muestra 2	*	-3.49197	0.24241
Muestra 1 - Muestra 3	*	-55.0516	0.24241
Muestra 2 - Muestra 3	*	-51.5596	0.24241

* indica una diferencia significativa.

El StatAdvisor

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 8 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 4 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias

estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.



INDICE DE COMPORTAMIENTO DE FLUJO

Alacena	Hellmann's	1.5%	3%	4.5%
0.4674	0.4663	0.3185	0.4701	0.29
0.4653	0.4624	0.3164	0.4619	0.2880
0.4695	0.4633	0.3206	0.4681	0.2921

Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
M Alacena	3	0.4674	0.0021	0.449294%	0.4653	0.4695	0.0042
M Hellmanns	3	0.464	0.00204206	0.440099%	0.4624	0.4663	0.0039
Muestra 1	3	0.3185	0.0021	0.659341%	0.3164	0.3206	0.0042
Muestra 2	3	0.4667	0.00427551	0.916116%	0.4619	0.4701	0.0082
Muestra 3	3	0.2900 33	0.0020502	0.706885%	0.288	0.2921	0.0041
Total	15	0.4013 27	0.0825972	20.581%	0.288	0.4701	0.1821

	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
M Alacena	0.0	
M Hellmanns	0.962585	
Muestra 1	0.0	
Muestra 2	-0.930211	
Muestra 3	0.0517207	
Total	-0.784574	-1.55747

El StatAdvisor

Esta tabla muestra varios estadísticos para cada una de las 5 columnas de datos. Para probar diferencias significativas entre las medias de las columnas, seleccione Tabla ANOVA de la lista de Opciones Tabulares. Seleccione Gráfico de Medias de la lista de Opciones Gráficas para mostrar gráficamente las medias.

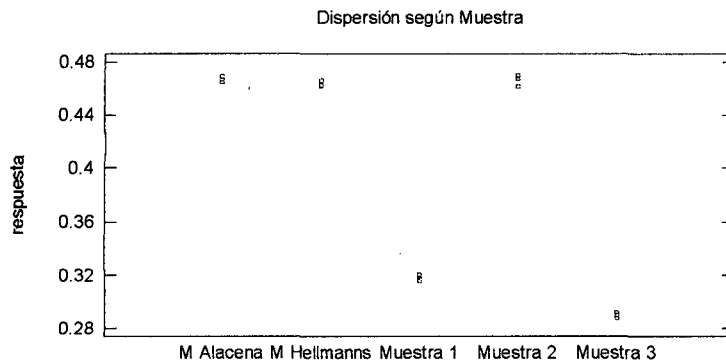


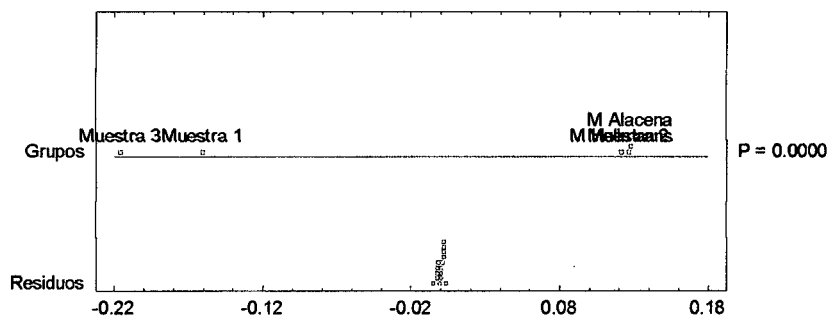
Tabla ANOVA

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.0954413	4	0.0238603	3363.14	0.0000
Intra grupos	0.0000709467	10	0.00000709467		
Total (Corr.)	0.0955122	14			

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 3363.14, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 5 variables con un nivel del 95.0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, seleccione Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.

ANOVA Gráfico para M Alacena



Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95.0 porcentaje LSD

	Caso s	Media	Grupos Homogéneos
Muestra 3	3	0.29003 3	X
Muestra 1	3	0.3185	X
M Hellmanns	3	0.464	X
Muestra 2	3	0.4667	X
M Alacena	3	0.4674	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
M Alacena - M Hellmanns		0.0034	0.004845 78
M Alacena - Muestra 1	*	0.1489	0.004845 78
M Alacena - Muestra 2		0.0007	0.004845 78
M Alacena - Muestra 3	*	0.177367	0.004845 78

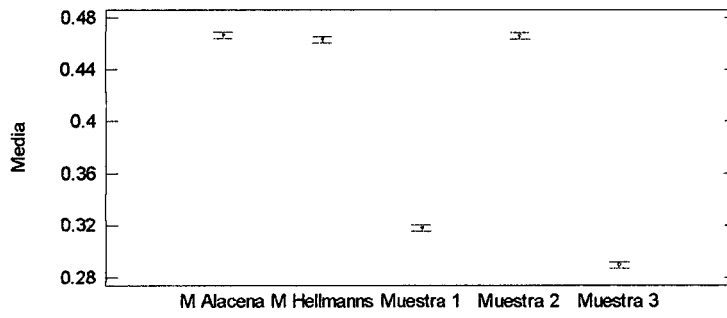
M Hellmanns	- *	0.1455	0.004845
Muestra 1			78
M Hellmanns	-	-0.0027	0.004845
Muestra 2			78
M Hellmanns	- *	0.173967	0.004845
Muestra 3			78
Muestra 1 - Muestra	*	-0.1482	0.004845
2			78
Muestra 1 - Muestra	*	0.028466	0.004845
3		7	78
Muestra 2 - Muestra	*	0.176667	0.004845
3			78

* indica una diferencia significativa.

El StatAdvisor

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 7 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 3 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

Medias y 95.0% de Fisher LSD



ANEXO N 03
ANALISIS SENSORIAL

PANL	1.5%				3.0%				4.5%				Alac.				Hellm.			
	Acep	Olor	Color	Vis	Acep	Olor	Color	Vis	Acep	Olor	Color	Vis	Acep	Olor	Color	Vis	Acep	Olor	Color	Vis
1	3	5	2	3	9	6	2	7	2	4	3	9	8	5	2	8	10	3	2	8
2	4	5	2	3	8	6	3	6	2	4	2	10	9	6	2	6	8	5	2	6
3	3	4	4	4	10	5	2	8	2	6	3	10	10	5	3	7	8	6	3	7
4	4	6	3	4	9	5	3	8	3	4	2	10	8	6	3	6	9	3	2	7
5	4	4	1	6	9	6	3	7	3	5	3	9	9	5	4	7	10	4	3	8
6	5	5	3	4	8	6	2	8	2	4	3	10	8	6	3	8	9	5	2	6
7	6	6	2	3	8	5	2	6	4	4	2	10	10	4	3	7	10	6	3	7
8	5	4	1	3	9	5	3	8	4	6	2	10	8	4	2	8	9	5	2	8
9	4	5	2	3	9	4	4	8	5	6	3	9	9	5	4	7	10	4	4	8
10	6	5	3	6	8	3	2	7	5	6	3	9	8	3	2	7	8	4	3	6
11	3	5	4	4	7	3	3	6	2	6	2	10	9	6	4	8	7	6	4	8
12	6	6	4	4	10	5	4	8	3	4	3	10	8	3	3	6	7	3	2	8
13	6	6	2	6	8	4	2	7	4	5	2	9	8	5	4	8	8	5	4	6
14	4	6	3	4	9	4	3	8	2	5	3	10	7	3	2	8	10	4	3	8
15	5	5	3	5	8	3	4	6	3	5	3	9	8	5	3	8	8	6	3	7

16	6	5	2	5	8	6	2	8	2	5	2	10	9	4	2	7	9	5	2	6
17	4	4	3	5	9	5	2	7	5	6	3	10	10	4	3	8	7	5	4	8
18	3	4	2	3	10	5	3	6	2	4	2	10	10	5	2	6	8	4	2	6
19	4	4	2	4	9	3	3	8	3	6	3	10	9	5	3	8	10	4	2	8
20	6	6	3	5	8	5	2	8	3	4	4	10	10	4	2	8	9	5	3	8

ACEPTABILIDAD

Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
Mayonesa Alacena	20	8.75	0.910465	10.4053%	7.0	10.0	3.0
Mayonesa Hellmanns	20	8.7	1.08094	12.4245%	7.0	10.0	3.0
Muestra 1	20	4.55	1.14593	25.1853%	3.0	6.0	3.0
Muestra 2	20	8.65	0.812728	9.3957%	7.0	10.0	3.0
Muestra 3	20	3.05	1.09904	36.0342%	2.0	5.0	3.0
Total	100	6.74	2.65383	39.3744%	2.0	10.0	8.0

	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
Mayonesa Alacena	0.15915	-0.914102
Mayonesa Hellmanns	-0.294187	-1.12121
Muestra 1	0.177736	-1.30438
Muestra 2	0.205849	-0.370421
Muestra 3	1.25104	-0.720305
Total	-1.95056	-2.45025

El StatAdvisor

Esta tabla muestra varios estadísticos para cada una de las 5 columnas de datos. Para probar diferencias significativas entre las medias de las columnas, seleccione Tabla ANOVA de la lista de Opciones Tabulares. Seleccione Gráfico de Medias de la lista de Opciones Gráficas para mostrar gráficamente las medias.

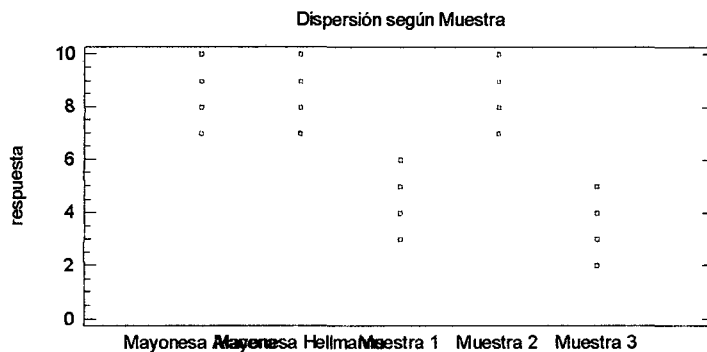


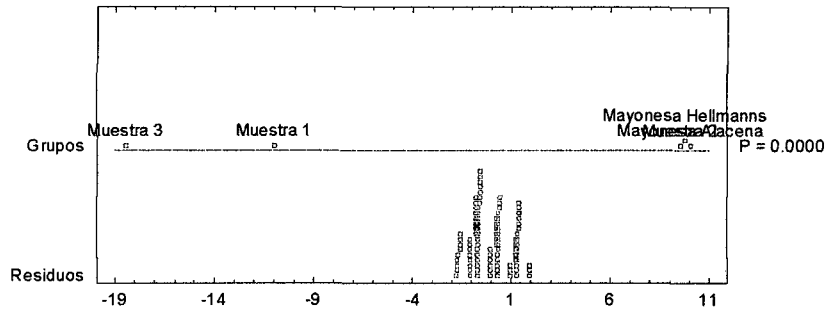
Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	de GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	598.84	4	149.71	144.54	0.0000
Intra grupos	98.4	95	1.03579		
Total (Corr.)	697.24	99			

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 144.537, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 5 variables con un nivel del 95.0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, seleccione Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.

ANOVA Gráfico para Mayonesa Alacena



Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95.0 porcentaje LSD

	Caso s	Medi a	Grupos Homogéneos
Muestra 3	20	3.05	X
Muestra 1	20	4.55	X
Muestra 2	20	8.65	X
Mayonesa Hellmanns	20	8.7	X
Mayonesa Alacena	20	8.75	X

Contraste	Sig.	Diferenc ia	+/- Límites
Mayonesa Alacena - Mayonesa Hellmanns		0.05	0.63892 8
Mayonesa Alacena - Muestra 1	*	4.2	0.63892 8
Mayonesa Alacena - Muestra 2		0.1	0.63892 8
Mayonesa Alacena - Muestra 3	*	5.7	0.63892 8
Mayonesa Hellmanns - Muestra	*	4.15	0.63892

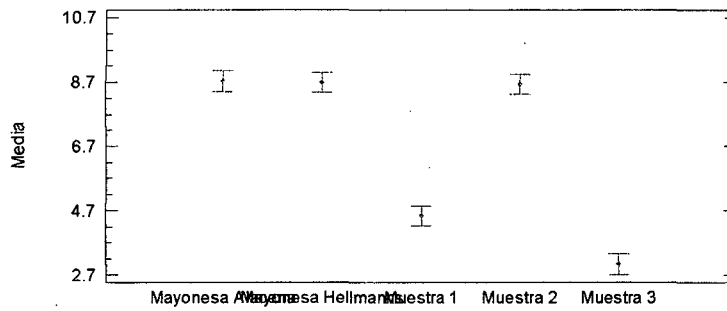
1			8
Mayonesa Hellmanns - Muestra		0.05	0.63892
2			8
Mayonesa Hellmanns - Muestra	*	5.65	0.63892
3			8
Muestra 1 - Muestra 2	*	-4.1	0.63892
			8
Muestra 1 - Muestra 3	*	1.5	0.63892
			8
Muestra 2 - Muestra 3	*	5.6	0.63892
			8

* indica una diferencia significativa.

El StatAdvisor

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 7 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 3 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

Medias y 95.0% de Fisher LSD



OLOR:

Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
M Alacena	20	4.65	0.988087	21.2492%	3.0	6.0	3.0
M Hellmanns	20	4.6	0.994723	21.6244%	3.0	6.0	3.0
Muestra 1	20	5.0	0.794719	15.8944%	4.0	6.0	2.0
Muestra 2	20	4.7	1.08094	22.9986%	3.0	6.0	3.0
Muestra 3	20	4.95	0.887041	17.92%	4.0	6.0	2.0
Total	100	4.78	0.949003	19.8536%	3.0	6.0	3.0

	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
M Alacena	-0.516309	-0.703251
M Hellmanns	-0.23431	-0.807115
Muestra 1	0.0	-1.24699
Muestra 2	-0.801406	-0.889349
Muestra 3	0.19045	-1.63051
Total	-1.08755	-1.76446

El StatAdvisor

Esta tabla muestra varios estadísticos para cada una de las 5 columnas de datos. Para probar diferencias significativas entre las medias de las columnas, seleccione Tabla ANOVA de la lista de Opciones Tabulares. Seleccione Gráfico de Medias de la lista de Opciones Gráficas para mostrar gráficamente las medias.

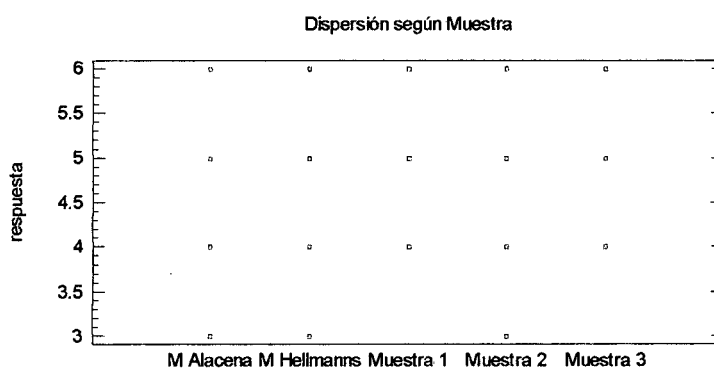


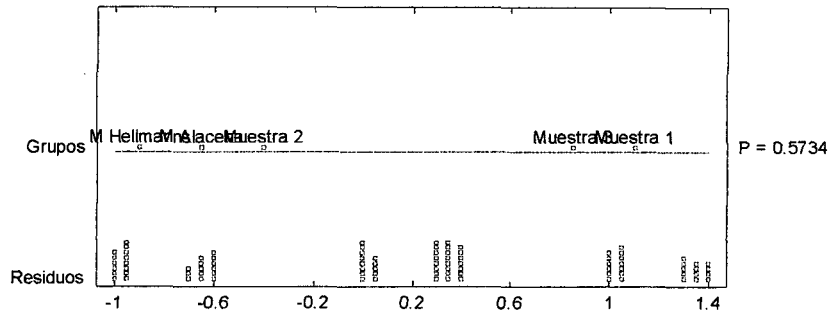
Tabla ANOVA

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	2.66	4	0.665	0.73	0.5734
Intra grupos	86.5	95	0.910526		
Total (Corr.)	89.16	99			

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0.730347, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 5 variables con un nivel del 95.0% de confianza.

ANOVA Gráfico para M Alacena



Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95.0 porcentaje LSD

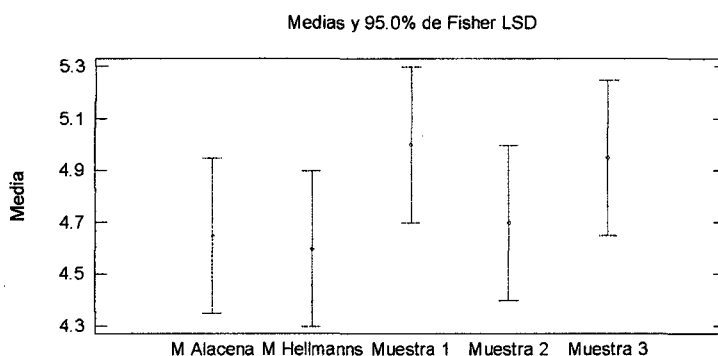
	Caso s	Media	Grupos Homogéneos
M Hellmanns	20	4.6	X
M Alacena	20	4.65	X
Muestra 2	20	4.7	X
Muestra 3	20	4.95	X
Muestra 1	20	5.0	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
M Alacena - M Hellmanns		0.05	0.599049
M Alacena - Muestra 1		-0.35	0.599049
M Alacena - Muestra 2		-0.05	0.599049
M Alacena - Muestra 3		-0.3	0.599049
M Hellmanns - Muestra 1		-0.4	0.599049
M Hellmanns - Muestra 2		-0.1	0.599049
M Hellmanns - Muestra 3		-0.35	0.599049
Muestra 1 - Muestra 2		0.3	0.599049
Muestra 1 - Muestra 3		0.05	0.599049
Muestra 2 - Muestra 3		-0.25	0.599049

* indica una diferencia significativa.

El StatAdvisor

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. No hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95.0% de confianza. En la parte superior de la página, se ha identificado un grupo homogéneo, según la alineación de las X's en columna. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.



COLOR:

Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
M Alacena	20	2.8	0.767772	27.4204%	2.0	4.0	2.0
M Hellmanns	20	2.75	0.786398	28.5963%	2.0	4.0	2.0
Muestra 1	20	2.55	0.887041	34.7859%	1.0	4.0	3.0
Muestra 2	20	2.7	0.732695	27.1369%	2.0	4.0	2.0
Muestra 3	20	2.65	0.587143	22.1563%	2.0	4.0	2.0
Total	100	2.69	0.747994	27.8065%	1.0	4.0	3.0

	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
M Alacena	0.679421	-1.03241
M Hellmanns	0.905609	-1.05121
Muestra 1	0.153737	-0.480152
Muestra 2	1.00976	-0.760984
Muestra 3	0.387703	-0.503762
Total	1.15547	-1.38779

El StatAdvisor

Esta tabla muestra varios estadísticos para cada una de las 5 columnas de datos. Para probar diferencias significativas entre las medias de las columnas, seleccione Tabla ANOVA de la lista de Opciones Tabulares. Seleccione Gráfico de Medias de la lista de Opciones Gráficas para mostrar gráficamente las medias.

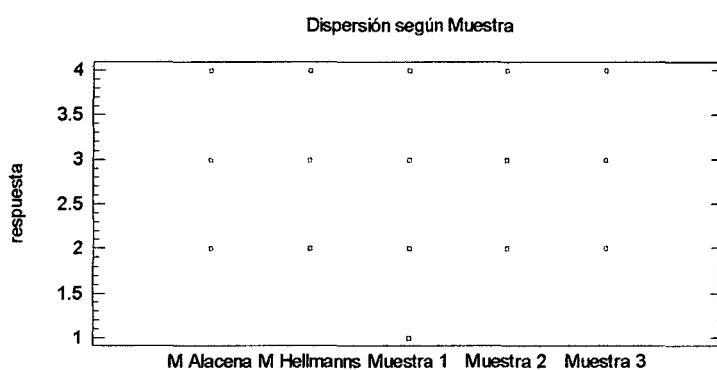
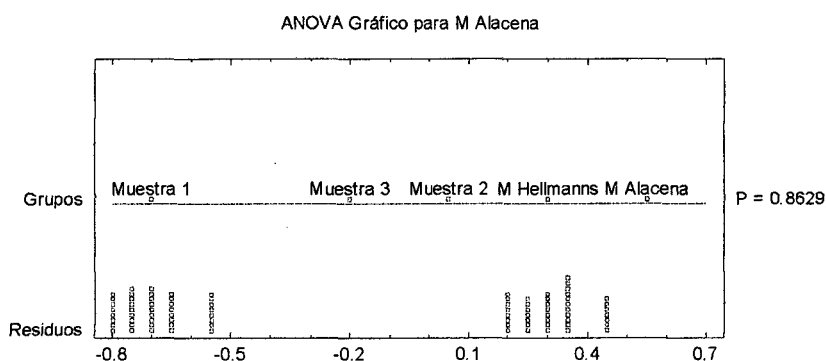


Tabla ANOVA

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.74	4	0.185	0.32	0.8629
Intra grupos	54.65	95	0.575263		
Total (Corr.)	55.39	99			

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0.321592, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 5 variables con un nivel del 95.0% de confianza.



Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95.0 porcentaje LSD

	Caso	Medi	Grupos
	s	a	Homogéneos
Muestra 1	20	2.55	X
Muestra 3	20	2.65	X
Muestra 2	20	2.7	X
M Hellmanns	20	2.75	X
M Alacena	20	2.8	X

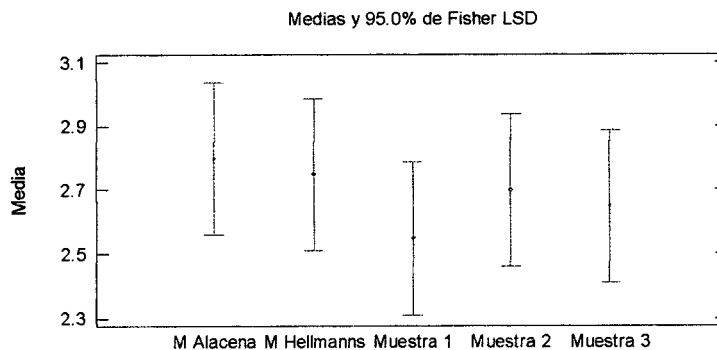
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
M Alacena - M Hellmanns		0.05	0.476156
M Alacena - Muestra 1		0.25	0.476156
M Alacena - Muestra 2		0.1	0.476156
M Alacena - Muestra 3		0.15	0.476156
M Hellmanns - Muestra 1		0.2	0.476156

M Hellmanns - Muestra 2		0.05	0.476156
M Hellmanns - Muestra 3		0.1	0.476156
Muestra 1 - Muestra 2		-0.15	0.476156
Muestra 1 - Muestra 3		-0.1	0.476156
Muestra 2 - Muestra 3		0.05	0.476156

* indica una diferencia significativa.

El StatAdvisor

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. No hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95.0% de confianza. En la parte superior de la página, se ha identificado un grupo homogéneo, según la alineación de las X's en columna. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.



VISCOSIDAD:

Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
M Alacena	20	7.3	0.801315	10.9769%	6.0	8.0	2.0
M Hellmanns	20	7.2	0.894427	12.4226%	6.0	8.0	2.0
Muestra 1	20	4.2	1.05631	25.1502%	3.0	6.0	3.0
Muestra 2	20	7.25	0.850696	11.7337%	6.0	8.0	2.0
Muestra 3	20	9.7	0.470162	4.84703%	9.0	10.0	1.0
Total	100	7.13	1.93665	27.162%	3.0	10.0	7.0

	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
M Alacena	-1.14544	-1.01177
M Hellmanns	-0.787848	-1.52616
Muestra 1	0.826161	-0.816323
Muestra 2	-0.975533	-1.2929
Muestra 3	-1.72587	-1.13363
Total	-1.80762	-0.754764

El StatAdvisor

Esta tabla muestra varios estadísticos para cada una de las 5 columnas de datos. Para probar diferencias significativas entre las medias de las columnas, seleccione Tabla ANOVA de la lista de Opciones Tabulares. Seleccione Gráfico de Medias de la lista de Opciones Gráficas para mostrar gráficamente las medias.

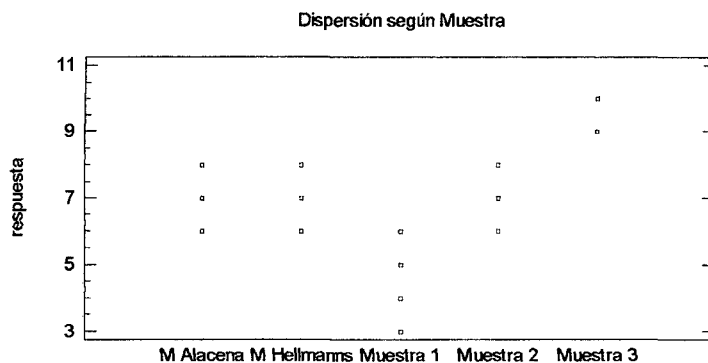
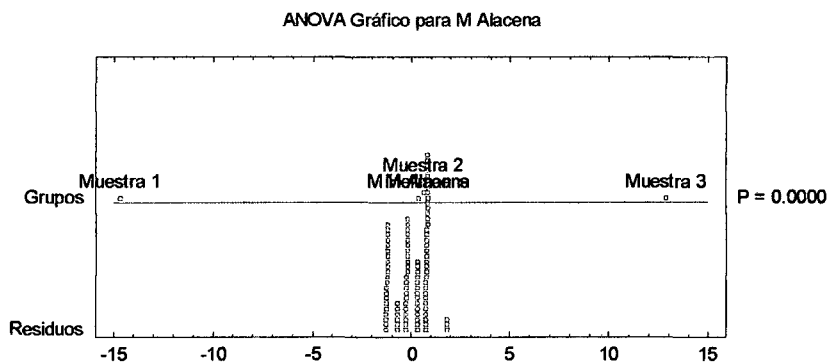


Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	304.76	4	76.19	108.76	0.0000
Intra grupos	66.55	95	0.700526		
Total (Corr.)	371.31	99			

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 108.761, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 5 variables con un nivel del 95.0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, seleccione Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.



Método: 95.0 porcentaje LSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Muestra 1	20	4.2	X
M Hellmanns	20	7.2	X
Muestra 2	20	7.25	X
M Alacena	20	7.3	X
Muestra 3	20	9.7	X

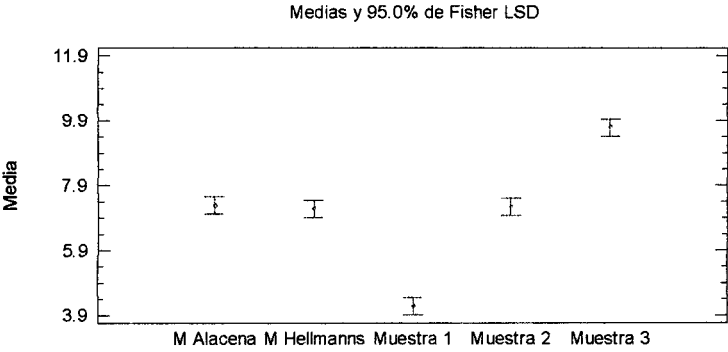
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
M Alacena - M Hellmanns		0.1	0.525446
M Alacena - Muestra 1	*	3.1	0.525446
M Alacena - Muestra 2		0.05	0.525446
M Alacena - Muestra 3	*	-2.4	0.525446
M Hellmanns - Muestra 1	*	3.0	0.525446
M Hellmanns - Muestra 2		-0.05	0.525446
M Hellmanns - Muestra 3	*	-2.5	0.525446
Muestra 1 - Muestra 2	*	-3.05	0.525446
Muestra 1 - Muestra 3	*	-5.5	0.525446
Muestra 2 - Muestra 3	*	-2.45	0.525446

* indica una diferencia significativa.

El StatAdvisor

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 7 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 3 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para

discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.



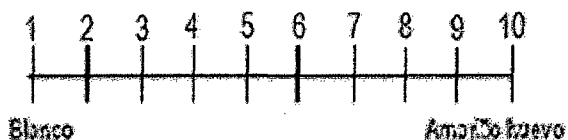
FICHA DE EVALUACIÓN DE MAYONESA

Nombre:

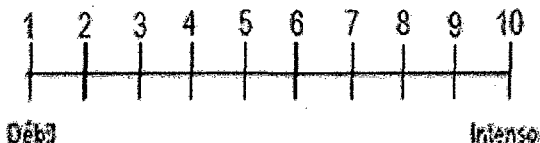
Fecha:

Evalúe las muestras de mayonesa que se le presentan a continuación y marque la intensidad percibida de cada atributo en la línea correspondiente.

Color: Intensidad del color amarillo.

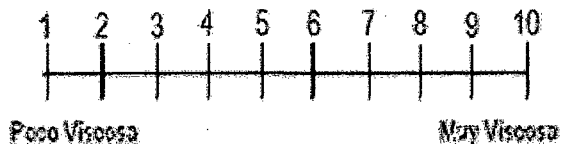


Olor: Intensidad del olor característico.

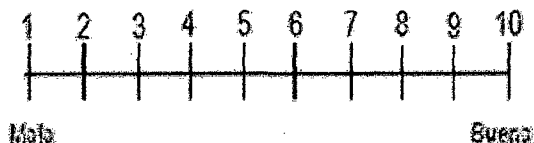


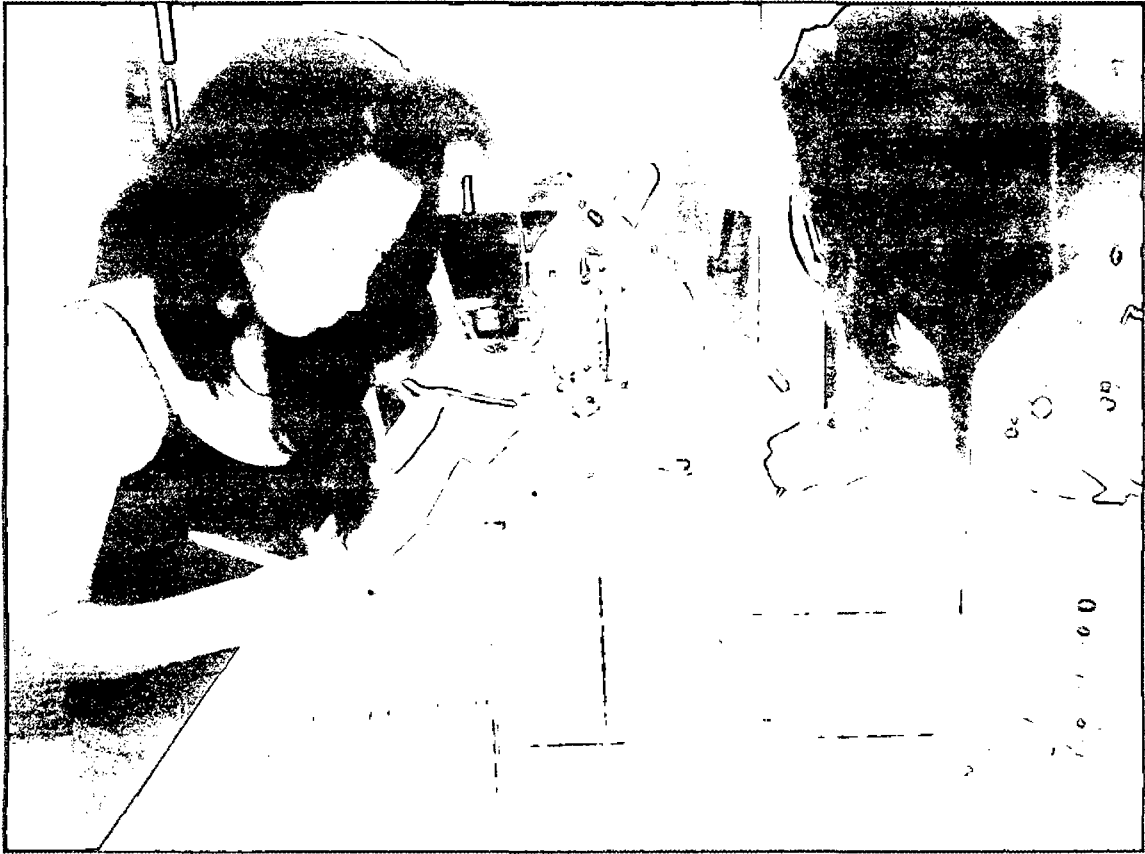
viscosidad:

Tome una cuchara y saque una porción de la muestra. Observe la resistencia contra la manipulación.



Aceptabilidad: Intensidad del sabor característico.





ANEXO N 04
BALANCE DE MATERIA

	1.5%		3.0%		4.5%	
	Volumen(ml)	Peso (gr)	Volumen(ml)	Peso (gr)	Volumen(ml)	Peso (gr)
Yema Liofilizado		2		4		6
Aceite	105		103		101	
Agua	16.5		16.5		16.5	
Vinagre	1.5		1.5		1.5	
Limón	1.5		1.5		1.5	
Sal		3		3		3
Azúcar		1.5		1.5		1.5
Pimienta		1		1		1
Comino		1		1		1
Totales	124.5	8.5	122.5	10.5	120.5	12.5

Nº Huevos	Yema (g)	Sedimento (g)	Perdida H2O	Yema Liof (g)	Perdida H2O	Total H2O	Cascara g	Clara g
26	440.8	330.794	110.006	78.00	252.7953	362.8013	229.941	969

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
OFICINA CENTRAL DE INVESTIGACIÓN

“CATÁLOGO DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN – TIPRO”
Resolución N° 1562 – 2006 - ANR

REGISTRO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

ESCUELA O CARRERA PROFESIONAL: INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL

TÍTULO DEL TRABAJO: “EFECTO DE LA YEMA DE HUEVO
LIOFILIZADO COMO AGENTE
EMULSIFICANTE SOBRE LAS
PROPIEDADES REOLÓGICAS Y
SENSORIALES DE LA MAYONESA”

ÁREA DE INVESTIGACIÓN: EXPERIMENTAL Y APLICADA

AUTOR(ES):

- DNI: 45803067 GUTIERREZ MEDINA, ZAIL ISMAIL
- DNI: 46458081 LUERA QUIÑONES, SUNY CHEN

TÍTULO PROFESIONAL A QUE CONDUCE: TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL

AÑO DE APROBACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN: 2015

II. CONTENIDO DEL RESUMEN

- **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:**

La industria de productos de huevo ha sufrido grandes cambios desde mediados de la década de 1950, y junto con los cambios en la tecnología de procesamiento de huevos, ha habido un crecimiento continuo de nuevos productos de huevos procesados. Muchos de estos productos se utilizan como ingredientes en diversas aplicaciones alimentarias (Froning, 2008).

En la actualidad, ya que se busca un aumento en el valor añadido de los productos de huevo, es importante explorar nuevas aplicaciones tecnológicas. Uno de los principales enfoques es el fraccionamiento de los componentes del huevo acompañado por un movimiento hacia adelante hacia nuevas aplicaciones innovadoras. Específicamente, La yema de huevo es un ingrediente clave en una amplia variedad de emulsiones de alimentos, salsas emulsionadas especialmente, ya que combina excelentes propiedades emulsionantes y las características organolépticas apreciadas (Anton et al., 2001)

La mayonesa es una emulsión de tipo semisólido, de aceite en agua. Se prepara tradicionalmente mediante la mezcla cuidadosamente yema de huevo, vinagre, aceite, y especias (especialmente de mostaza). Mayonesa hecha de esta manera contiene típicamente 70-80 % de grasa (Depree y Savage, 2001; Zhao et al, 2002).

Sin embargo, los constituyentes individuales de yema de huevo son difíciles de separar el plasma y sólo los gránulos pueden ser fácilmente fraccionado a partir de la yema de huevo en una escala industrial (Anton et al., 2001). Desde gránulos tienen bajo contenido de colesterol (Anton, 2007) y mantienen buenas propiedades emulsionantes (Anton y Gandemer, 1997; Aluko y Minas, 1998; Le Den Mat et al., 1999; Anton et al., 2000)

Es por ello que nos planteamos la siguiente pregunta:

¿Cuál será el efecto de la yema de huevo liofilizado como agente emulsificante sobre las propiedades reológicas y sensoriales de la mayonesa?

- **OBJETIVOS**

OBJETIVO GENERAL:

- Evaluar el efecto de la yema de huevo liofilizado como agente emulsificante sobre las propiedades reológicas y sensoriales para desarrollar una mayonesa con características similares a las de la mayonesa típica (comercial).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Evaluar las características fisicoquímicas de la yema de huevo liofilizada.
- Determinar el índice de comportamiento de flujo (η), índice de consistencia (K), viscosidad aparente (μ), mediante un estudio reológico.
- Realizar un análisis sensorial en cuanto a su aceptabilidad (sabor), olor, color y viscosidad para determinar diferencias significativas entre las formulaciones y la mayonesa comercial.

- **HIPÓTESIS:**

La mejor formulación es la sustitución del 3% de yema de huevo liofilizado como agente emulsificante sobre las propiedades reológicas y sensoriales para desarrollar una mayonesa con características similares a las de la mayonesa típica (comercial).

- **MARCO TEORICO:**

La yema de huevo de gallina es un ingrediente clave en una amplia variedad de emulsiones de alimentos, especialmente emulsionantes salsas modificadas, ya que combina excelentes propiedades emulsionantes y características organolépticas apreciadas (Antón et al., 2001). Sin embargo, los componentes individuales de la yema son difíciles de separar y sólo plasma y gránulos puede ser fácilmente fraccionado de la yema en una escala industrial (Antón et al., 2001).

El huevo en polvo tiene una marcada demanda que proviene de la Unión Europea y Japón, ya que tiene una gran aplicación en repostería, confiterías, heladería, en la fabricación de fideos y en la industria farmacéutica. El precio internacional del kilo es de US\$ 5. (Gasparetti, 2003)

Estas presentaciones liofilizadas son seguras desde el punto de vista higiénico-sanitario: a diferencia del huevo fresco, y en parte del huevo pasteurizado, no ofrecen peligro de contaminación por salmonellas, entre otros microorganismos, lo que es una garantía tanto para la instalación como el cliente (que también es = dinero). Los envases que contienen estas preparaciones no generan mermas por rotura, manipulación, u otra práctica no deseable (resultando en ahorro de dinero); y son considerablemente más rápidos, fáciles y cómodos de manipular por parte de los elaboradores (ahorro de tiempo y esfuerzo = dinero). (Galobart et al., 2002).

Todos los materiales tienen propiedades reológicas y el área que ocupa la reología es muy relevante en numerosos campos como la geología, mecánica de suelos, procesado de polímeros, dispersión de pinturas y pigmentos, bioingeniería, procesos interfaciales, cosmética, etc. (Barnes, 1995)

La reología de mayonesas ha sido investigada por varios autores debido a su importancia en la elección de la formulación, condiciones de proceso, y control de calidad. La mayonesa no cumple con la ley de newton de la viscosidad, presenta un umbral de fluencia, es de carácter pseudoplástico y características tiempo dependientes (Liu et al., 2007).

Para la industria alimentaria es importante disponer de sistemas y herramientas que permitan controlar y mejorar la calidad de los alimentos. Una de estas herramientas es la evaluación sensorial Sensolab (2005).

Según Sensolab (2005), la prueba de aceptación en la evaluación sensorial intenta cuantificar la preferencia de los sujetos por un producto, midiendo cuánto les gusta o les disgusta, es decir, el grado de satisfacción.

- **CONCLUSIONES Y/O RECOMENDACIONES:**

CONCLUSIONES

- La yema de huevo liofilizada como agente emulsionante influye en un 95% en el comportamiento reológico de las formulaciones evaluadas: 1.5%, 3.0% y 4.5% de yema de huevo liofilizado presentaron un comportamiento reológico pseudoplastico siendo la formulación con 3.0% de yema de huevo liofilizado del cual no presento diferencias significativas a las mayonesas comerciales con respecto al índice de consistencia, índice de comportamiento de flujo y su viscosidad aparente mediante la prueba de Fisher con un nivel de confiabilidad del 95%.
- La yema de huevo liofilizado (P Vacío = 5000 mmHg ; tiempo =6 Hrs. ; Densidad de carga =330.794 g.) presentan las siguientes características fisicoquímicas: humedad de $2.72 \pm 0.001\%$, una actividad de agua 0.465 ± 0.010 y pH 7.
- El análisis reológicos de las formulaciones de mayonesas evaluadas 1.5%, 3.0% y 4.5% de yema de huevo liofilizado, presentaron los siguientes indicadores reológicos: formulación 1 (1.5%): $K = 4.361 \pm 0.141$, $\eta = 0.319 \pm 0.002$ y $\mu = 0.340 \pm 0.009$, formulación 2 (3.0%): $K= 7.853 \pm 0.094$, $\eta = 0.467 \pm 0.004$ y $\mu = 0.994 \pm 0.005$ y formulación 3 (4.5%): $K= 59.413 \pm 0.141$, $\eta = 0.290 \pm 0.002$ y $\mu = 3.223 \pm 0.029$, todos siguieron un modelo matemático de Ostwald.
- En la evaluación sensorial, sensorial, la Formulación con 3.0% de la yema de huevo liofilizado no presento diferencias significativas a las mayonesas comerciales con respecto al sabor, olor, color y viscosidad mediante la prueba de Fisher con un nivel de confiabilidad del 95%. Los resultados obtenidos de color y olor sobre las mayonesas formuladas y comerciales mediante evaluación sensorial, se determinó que los colores son

homogéneos entre ellas, no existiendo diferencias significativas mediante la prueba de Fisher con un riesgo del 5.0%.

RECOMENDACIONES

- Evaluar con un diseño escalonado para estimar la vida útil de la mayonesa a diferentes temperaturas.
- Realizar un estudio microbiológico de la yema de huevo liofilizado para evaluar el crecimiento de levaduras y mohos.
- Evaluar el índice de colesterol HDL de la mayonesa rehidratada.
- Evaluar el tiempo de estabilidad oxidativa de la yema de huevo liofilizado y la mayonesa rehidratada para determinar el tiempo de vida útil.

• **BIBLIOGRAFÍA:**

- Froning, G. W., 2008. Los productos de huevo de la industria y las perspectivas futuras. En: Mine, Y. (Ed.), Huevo Biociencia y Biotecnología. John Wiley & Sons, Inc., EE.UU., pp 307-325.
- Antón, M., 2007. Composición y estructura del huevo de gallina huevo. En: Huopalati, R., López-Fandiño, R., Antón, M., Schade, R. (Eds.), bioactivos huevo compuestos. Springer-Verlag, Berlín, Heidelberg, pp 1-6.
- Antón, M., GANDEMER, G., 1997. Composición, de solubilidad y propiedades emulsionantes de gránulos y el plasma de yema de huevo. *Journal of Food Science* 62 (3), 484-487.
- Antón, M., Beaumal, V., GANDEMER, G., 2000. La adsorción en la interfase agua-petróleo y las propiedades emulsionantes de los gránulos naturales de yema de huevo: efecto de estado agregado. *Los hidrocoloides alimentarios* 14 (4), 327-335.
- Antón, M., Le DenMat, M., Beaumal, V., Pilet, P., 2001. Efectos de relleno de las gotitas de aceite en reología de geles en emulsión heat-set preparados con yema de huevo y la yema de huevo fracciones. *Coloides y Superficies, B: Biointerfaces* 21 (1-3), 137-147.
- Le DenMat, M., Antón, M., GANDEMER, G., 1999. La desnaturalización de proteínas y propiedades emulsionantes de plasma y gránulos de yema de huevo como relacionadas al tratamiento del calor. *Journal of Food Science* 64 (2), 194-197.
- Le DenMat, M., Antón, M., Beaumal, V., 2000. Caracterización de la emulsión propiedades y composición de la interfaz en emulsiones O / W preparadas con la gallina yema de huevo, plasma y gránulos. *Los hidrocoloides alimentarios* 14 (6), 539-549.
- Halmos, A.L. y Tiu, C. – J. *Texture studies* (1984)

- Sirvente, H., Beaumal, V., Gaillard, C., Bialek, L., Hamm, D. Antón, M., 2007. Estructuración y funcionalización de dispersiones que contienen yema de huevo, el plasma y gránulos inducida por tratamientos mecánicos. *Diario de Agricultura y Food Chemistry* 55 (23), desde 9537 hasta 9544.
- Depree, J. A., Savage, G. P., 2001. La estabilidad física y sabor de la mayonesa. *Tendencias en Ciencia y Tecnología de Alimentos* 12 (5/6), 157-163.
- Friberg, S., Larsson, K., Sjoblom J. (2004). *Las emulsiones de alimentos*. Cuarta edición. Universidad de Missouri-Rolla, Rolla, Mssouri y la Universidad de Clarkson, Potsdam, Nueva York, EE.UU.
- Castro, E. (1993). *Reología*. Edición Digital. Departamento de Ciencias de los Alimentos y Tecnología Química, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile.
- Liu, H., Xu X., Guo, SH. (2007). Reológico, textura y sensoriales propiedades de mayonesa baja en grasa con diferente mimetics. *LWT-Food grasa Ciencia y Tecnología* 40: 946-954.
- Gallegos, C., Berjano M. y García F. (1988). Aplicación de un modelo cinético al estudio del flujo transitorio en mayonesas. *Rev. Grasas y Aceites*. 39 (4-5). 254-263.
- García, F., Berjano M. y Gallegos C. (1988). *Reología de Mayonesas*. *Rev. Grasas y Aceites*. 39(4-5) 281 -285.
- Gallegos, C., Berjano M. y García F. (1988). Aplicación de un modelo cinético al estudio del flujo transitorio en mayonesas. *Rev. Grasas y Aceites*. 39 (4-5). 254-263.
- Steffe, J. (1996). *Métodos reológicos en la ingeniería de procesos de alimentos*. Segunda Edición. Universidad del Estado de Michigan, EE.UU.

- Peressini, D., Sensidoni A., Cindio, B. (1998). Caracterización reológica de mayonesas tradicionales y ligeros. *Journal of Food Engineering*, 35 409-417.
- Batista, A., Raymundo, A. Sousa, I., Empis, J. (2006). reológico caracterización de color emulsión alimenticia aceite-en-agua con la luteína y la ficocianina añadido a las fases de aceite y aqueos. *Los hidrocoloides alimentarios*, 20:44-52.
- Guilmineau, F. y Kulozik, U. (2007). Influencia de un tratamiento térmico en el funcionalidad de la yema de huevo de gallina en la mayonesa. *Journal of Food Engineering* 78 (2) 648-654.
- Belitz *et al.*, (1997): *Química de los Alimentos*. 2da. Edición. Edit. Acribia. Zaragoza. España
- Barnes, H.A., Carnali, O.J., The vanein-cup as a novel rheometer geometry for shear thinning and thixotropic materials, *J. Rheol.*, 1990, 34, 841
- Barnes, H.A., A review of the slip (wall depletion) of polymer solutions, emulsions and particle suspensions in viscometers: its cause, character and cure, *J. Non-Newtonian Fluid Mech.*, 1995, 56, 221
- Scarontern, P., Valentová, H., Pokorny, J. (2001). Propiedades reológicas y textura sensorial de mayonesa. *European Journal of Lipid Ciencia y Tecnología* 103 (1):23-28.
- Laca A., Sáenz M.C., Paredes B. y Díaz M., 2010. Las propiedades reológicas, La estabilidad y la evaluación sensorial de mayonesas bajas en colesterol que se preparan utilizando gránulos de yema de huevo como agente emulsionante, *revista de Ingeniería de Alimentos* 97: 243–252.
- Thaiudom S. y Khantarat K., 2011. Estabilidad y propiedades reológicas de mayonesas con menos grasa mediante el uso de

octenil succinato sódico de almidón sustituto en forma de grasa, *Ciencia de los Alimentos* 1: 315 – 321.

- Shen R., Luo S. y Dong J., 2011. Aplicación de dextrina de avena para el sustituto de grasa en la mayonesa, *Química de los Alimentos* 126: 65–71.
- Balestra F., Cocci E., Pinnavaia G. y Romani S., 2011. Evaluación de las propiedades antioxidantes, reológicas y sensoriales de masa de harina de trigo y el pan que contiene polvo de jengibre, *Ciencia y Tecnología de Alimentos* 44: 700-705.
- Bagley, E.B y Christianson, D.D.- *Food Technology* (1987).
- Sáenz, C. y Castell, E. – *Rev. Agroquim. Tecnol. Aliment* (1986).
- Kitchener, J.A y Mussellwhite P.R – *Emulsión Science Academic Press. P. Sherman (Ed), New York* (1968).
- Lewicki P.P., Raoult's law based food water sorption isotherm, *J. Food Engineering*, 43 (2000)
- Mathlouthi M., Rogé B., Water vapour sorption isotherms and the caking of food powders, *Food Chemistry*, 82 (2003)
- Prothon F, Ahrne L.M., Application of the Guggenheim, Anderson and de Boer model to correlate water activity and moisture content during osmotic dehydration of apples, *J. Food Engineering*, 61 (2004)
- Althouse, A., C. Turnquist, A. Bracciano. *Modern Refrigeration and Air Conditioning*, The Goodheart-Willcox Company, Inc. Publishers, EUA, 1975
- Arrigo, Coen. *Para saber lo que se dice*. Editorial Domés, S. A. México, 1986.
- Badui, S. *Química de los alimentos*. Alhambra Universidad. México, 1989.
- Barrow, G. *Physical Chemistry*. Mc Graw-Hill, Japan, 1973.

- Bolck, Z. *Bioquímica de los alimentos*. Editorial El Manual Moderno. México, 1986.
- Bolck, E. "Química del ajo y la cebolla". *Investigación y Ciencia*, núm. 104, mayo 1985.
- Cabrera, L. *Diccionario de aztequismos*. Ed. Oasis, México, 1974.
- Carrillo y Dariel, A. *Técnicas de la pintura colonial*, UNAM, México, 1983.
- Cobb, V. *Science Experiments You Can Eat*. J. B. Lippincot Company, 1972.
- Córdova, J. L. "Ácidos y bases. La química en la cocina". *Educación Química*, julio, 1989.
- "Teoría de disociación electrolítica. Un enfoque histórico". *Contactos*. Enero-marzo, 1987.
- Corominas, J. *Breve diccionario etimológico de la lengua castellana*. Editorial Gredos, Madrid, 1987.
- Harrison, L y Cunningham, F- J. Food Quality 8 (1985)
- Liria D, M. (2007). Guía para la Evaluación Sensorial de Alimentos. Lima. Perú. Inédita.
- Witting. E. (2001). Evaluación Sensorial: Una metodología para la tecnología de alimentos. Consultado en 07, 20, 09 en mazinger.
Sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_quimicas_y_farmaceuticas/wittinge01/index.html.
- Torricella Morales, R.G., Zamora UTSET, E. y Pulido Alvarez, H. Evaluación Sensorial: Aplicada a la investigación, desarrollo y control de la calidad en la industria alimentaria. 2a ed. Ciudad de La Habana, Cuba: Editorial Universitaria, 2007. 131p.
- Meilgaard, A. 2006. "La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica". Editorial Acribia S.A. Zaragoza-España.

- Asociación Catalana de Enólogos (2000). La evaluación Sensorial Objetivos y Métodos. Consultado en 07, 30, 09 en httpwww.acenologia.com/ciencia60_02.htm#biblio.
- Sensolab.2005. prueba de aceptación (en línea). Consultado 22 Jul. 2006. Disponible en:http://www.sensolab.net/servicios_02.htm
- Sancho, J., Bota, E. y de Castro, J.J., “Introducción al Análisis sensorial de Alimentos”, 1era edición, GRAMAGRAF, S.C.C.L., Barcelona, pp. 33 y 34; 48-86.
- CAMACHO. F; TOVAR. L; RAMIREZ. K y GALLARDO. Y, 2007,”Efecto de la fibra en las características reológicas de una mayonesa”, Departamento de graduados e investigación en alimentos Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Pág. 130-136.
- Batista, A., Raymundo, A., Sousa, I., Empis, J. (2006). Rheological characterization of coloured oil-in-water food emulsion with lutein and phycocyanin added to the oil and aqueous phases. *Food Hydrocolloids*, 20:44-52.
- Borderías, J., Sánchez, I., Pérez m. (2005). New applications of fibres in foods: Addition to fishery products. *Trends in Food Science & Technology* 16:458-465.
- Briggs, J., and Steffe, J. (1997). Using Brookfield data and the Mitschka method to evaluate power law foods. *Journal of texture Studies*. 28(5). 517-522.
- Castro, E. (1993). Reología. Edición Digital. Departamento de Ciencias de los Alimentos y Tecnología Química, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile.
- CODEX STAN 168-1989. Norma del CODEX para la mayonesa. Norma Regional Europea. (1989).
- Davis, J., Alexander, K., Ventura, E., Toledo-Corra, C., Goran, M. (2009). Inverse relation between dietary fiber intake and

visceral adiposity in overweight Latino youth. *American Journal of Clinical Nutrition* 90(5): 1160.

- Abu-Salem F., and Abou-Arab A. (2008). Chemical, microbiological and sensory evaluation of mayonnaise prepared from ostrich eggs. *Rev. Grasas y Aceites*, 59
- Koh, S., Arifin, N., Tan, C., Yusoff, M., Long, K., Idris N., LAI, O. (2008). Rheological properties, oxidative stability and sensory evaluation of enzymatically synthesized medium- and long-chain triacylglycerol-based salad dressings. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 110:1116-1126.
- Liu, H., Xu X., Guo, SH. (2007). Rheological, texture and sensory properties of low-fat mayonnaise with different fat mimetics. *LWT—Food Science and Technology* 40: 946-954.
- Mun, S., Kim, Y., Kang, C., Park K., Shim, J., Kim, Y. (2009). Development of reduced-fat mayonnaise using 4[alpha]GTase-modified rice starch and xanthan gum. *International Journal of Biological Macromolecules* 44(5) 400-407.

TESIS

- Goldblith, SA, Rey, L., y Rothmary, WW (1975). *La liofilización y tecnología de los alimentos Advance*. London: Academic Press.
- Rey, L (1975) Algunos hechos básicos aout liofilización. En SA Goldblith (Ed.), *La liofilización y tecnología avanzada* (pp. 730). Londres.
- Orrego, A.C.E. (2003). *Procesamiento de Alimentos*: Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.