

**ELABORACION DE UNA EMULSION TIPO MAYONESA A PARTIR DE  
ALMENDRAS (*Prunus amygdalus L*), IOTA CARRAGENINA; COMO  
SUSTITUTO DE LA PROTEINA ANIMAL**

**JAIRO ANDRES CASTRILLON MARIN**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
INGENIERÍA DE ALIMENTOS  
2015**

**ELABORACION DE UNA EMULSION TIPO MAYONESA A PARTIR DE  
ALMENDRAS (*Prunus amygdalus L*), IOTA CARRAGENINA; COMO  
SUSTITUTO DE LA PROTEINA ANIMAL**

**JAIRO ANDRES CASTRILLON MARIN**

**Director de investigación:**

**Ing. Mg. Oscar Augusto Fiallo Soto**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
INGENIERÍA DE ALIMENTOS  
2015**

## TABLA DE CONTENIDO

1.	RESUMEN .....	11
2.	JUSTIFICACIÓN .....	12
3.	OBJETIVOS.....	13
3.1.	OBJETIVO GENERAL.....	13
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
4.	MARCO REFERENCIAL. ....	14
4.1.	MAYONESA.....	14
4.1.1.	Definición. ....	14
4.1.2.	MATERIAS PRIMAS. ....	14
4.1.3.	Proceso de elaboración.....	16
4.1.4.	Innovaciones. ....	18
4.1.5.	Características.....	18
4.2.	EMULSIONES .....	19
4.2.1.	Definición. ....	19
4.2.3.	Formación de una emulsión.....	20
4.2.4.	Estabilidad de emulsiones.....	21
4.2.5.	Desestabilización de las emulsiones.....	24
4.2.6.	Emulsionantes.....	25
4.2.7.	Estabilizantes y sus características.....	31
4.2.8.	Conservantes.....	36
4.2.9.	Aditivos alimenticios naturales.....	36
4.3.	ALIMENTOS FUNCIONALES. ....	44
4.3.1.	Sustitutos .....	46
4.4.	Tendencias de alimentación vegetariana .....	46
4.4.1.	Tipos de vegetarianos .....	48
4.5.	Vida útil.....	49
4.5.1.	Factores que intervienen en la alteración de los alimentos.....	50
4.5.2.	Generalidades de la predicción de vida útil acelerada. ....	50

5.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	52
5.1.	MATERIALES .....	52
5.1.1.	INGREDIENTES.....	52
5.1.2.	EQUIPOS.....	59
5.2.	MÉTODOS.....	60
5.2.1.	PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS. ....	61
5.2.1.1.	Leche de almendras. ....	61
5.2.1.2.	Iota carragenina. ....	61
5.2.4.	Estabilidad de la emulsión .....	62
5.2.5.	Actividad Emulsificante (AEM).....	62
5.2.6.	Estabilidad de la Emisión en relación a la temperatura (EECAL) .....	63
5.2.7.	Estabilidad de la emulsión en relación con el tiempo (EE30M y EE120M).....	63
5.2.8.	Acidez .....	64
5.2.9.	ANÁLISIS REOLÓGICOS: VISCOSIDAD .....	64
5.2.10.	MODELACIÓN REOLÓGICA DE LAS MAYONESAS .....	67
5.2.11.	pH.....	68
5.2.12.	ANÁLISIS DE TEXTURA .....	68
5.2.13.	EVALUACIÓN SENSORIAL .....	69
5.2.14.	ANÁLISIS DE MICROESTRUCTURA .....	70
5.2.15.	ANÁLISIS ESTADÍSTICOS .....	70
6.	RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	72
6.1	ELABORACIÓN DE LA LECHE DE ALMENDRA.....	72
6.1.1.	ESTANDARIZACIÓN DE LA LECHE DE ALMENDRAS .....	72
6.1.2.	BALANCE DE MATERIA PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE LA LECHE DE ALMENDRAS ....	73
	BALANCE GENERAL. ....	73
	BALANCE PARA PROTEINA .....	73
6.2.	ESTABILIDAD DE LA EMULSION.....	74
6.2.1.	BALANCE DE MATERIA PARA LA ELABORACIÓN DE EMULSIÓN TIPO MAYONESA....	77
6.3.	tabla nutricional.....	78
6.4.	Vida útil .....	78

6.5.	Análisis de microestructura .....	82
6.6.	Análisis estadístico para textura .....	82
6.7.	Análisis estadístico para reología.....	83
6.8.	Evaluación sensorial.....	83
7.	CONCLUSIONES.....	85
8.	BIBLIOGRAFIA.....	86

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Tabla nutricional leche almendras	Pág. 44
Tabla 2.	Formulación para la emulsión tipo mayonesa.	75
Tabla 3	Tabla nutricional de la emulsión final tipo mayonesa	78
Tabla 4.	Análisis microbiológico para la muestra a temperatura ambiente.(18±2°C).	79
Tabla 5.	Análisis microbiológico para la muestra en incubación.(38±1°C).	79
Tabla 6.	Análisis estadístico para acidez y PH	81
Tabla 7.	Análisis estadístico de la textura para las muestras	83
Tabla 8.	Análisis estadístico para reología de la mayonesa	83

## INDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.	Viscosidad de las fracciones de carrageninas en agua	27
Figura 2.	Comportamiento del pH para la emulsión tipo mayonesa.	79
Figura 3.	Comportamiento de la acidez para la emulsión tipo mayonesa	79
Figura 4.	Grafico radial de perfil de textura para la emulsión tipo mayonesa	82

## INDICE DE IMAGENES

Imagen 1.	Modelación de la estructura de la emulsión (leche de almendra, iota Carragenina y aceite)	Pág. 75
Imagen 2.	Seguimiento a emulsión en incubación y condiciones ambientales.	78
Imagen 3.	Microestructura	81

## 1. RESUMEN

Se llevara a cabo la elaboración un tipo de mayonesa a partir de ALMENDRAS (*Prunus amygdalus L*). Sustituyendo el huevo como emulsificante por Iota carragenina a diferentes porcentajes igualmente se realizaran análisis físicos y químicos para obtener la estabilidad ideal en este tipo de producto emulsificado. Este estudio tiene como finalidad satisfacer la demanda de nuevos productos de alto consumo sin contener algún derivado animal y grasas saturadas para las cuales se pretendió reemplazar por la leche de almendra la cual no se ha incluido antes en un tipo de producto como este y siendo de alto consumo por su contenido en grasa monoinsaturada y poliinsaturadas las cuales son de beneficio para el cuerpo, contiene fibra entre otros componentes que hacen de este fruto seco la mejor opción para un producto como el que se quiere obtener dentro de las culturas y mercados que necesitan de este tipo de innovaciones alimentarias.

Todas las variaciones del estudio nos lleva a Evaluar algunas de las propiedades físico químicas de la emulsión tipo mayonesa en función de la adición de Iota carragenina. Llevando a caracterizar este producto en comparación con la muestra patrón.

Se realizaron análisis reológicos, de textura, sensoriales y microestructurales.

Como resultado se desea una mayonesa convencional con las características propias de textura y organolépticas aceptables para el consumidor Cumpliendo con la demanda del producto actual.

## 2. JUSTIFICACIÓN

El continuo cambio cultural enmarcado hacia nuevas tendencias alimentarias más saludables hace que la industria altere sus productos para generar e innovar acerca de los mismos, para satisfacer necesidades existentes en la sociedad. Es el caso de las personas que no consumen alimentos con contenidos de grasas saturadas y derivados animales.

Debido a todo lo anterior, se elaborará un producto altamente consumido como lo es la mayonesa. En el presente caso se utilizarán almendras. La inclusión de este fruto con alto contenido en fibra dietética insoluble altamente purificada (Jelucel) consistente principalmente de celulosa y hemicelulosa, esta tiene la ventaja de ser blanca, de olor y sabor neutro, ideal para su adición en salsas (Jelu, 2010). Otra ventaja es que es el tipo de fibra dietaria que es inerte a la reacción con otros ingredientes y prácticamente libre de calorías (Sánchez et al., 2007).

El interés se centra en utilizar la lora carragenina como un sustituto emulsificante y adicionando la leche de almendra convirtiendo la mayonesa en un alimento con un valor nutritivo agregado sin alterar la consistencia del producto. Desde este punto de vista las propiedades físicas pueden contribuir cuantitativamente al control y caracterización de la textura usando diferentes formulaciones (Liu et al., 2007)

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL.**

Elaborar una emulsión tipo mayonesa con sustitución de ingredientes básicos, como alternativa de consumo saludable a la población vegetariana.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Definir la formulación de la emulsión tipo mayonesa con leche de almendra, en busca de la estabilidad de sus componentes y propiedades teniendo en cuenta la cantidad de emulsificante a utilizar de acuerdo con la normatividad para este tipo de productos.
- Evaluar las características físico-químicas del producto y estudiar su comportamiento en vida de anaquel.
- Realizar la evaluación sensorial del producto para medir el grado de aceptación del consumidor.

## **4. MARCO REFERENCIAL.**

### **4.1. MAYONESA.**

#### **4.1.1. Definición.**

La mayonesa es una emulsión aceite en agua, constituida básicamente por aceites vegetales comestibles, huevo o yema de huevo, vinagre y ácido cítrico; (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).

#### **4.1.2. MATERIAS PRIMAS.**

##### **4.1.2.1. Aceite.**

Es recomendable el uso de aceite de origen vegetal, especialmente maravilla y soya. Este ingrediente imparte las características de textura y recubrimiento bucal y tiene un importante rol en la estabilidad del sabor y la vida útil del producto (González, 1997).

#### **4.1.2.2. Huevo.**

La yema de huevo es un emulsificador alimenticio muy efectivo y por lo tanto, ampliamente utilizado, especialmente en la preparación de mayonesa, aderezos para ensaladas y salsas (Guilmineau y Kulozik, 2007). Desde el punto de vista estructural, la yema de huevo es una dispersión de lipoproteínas de baja densidad y gránulos insolubles en una solución acuosa de glicoproteínas solubles llamadas livetinas. En la yema de huevo nativa, los gránulos consisten en un complejo de lipoproteínas de alta densidad y fosfoproteínas llamadas fosvitinas, que se unen por medio de puentes fosfocálcicos. Por otro lado, las proteínas de baja densidad consisten de un núcleo de lípidos rodeados por una capa interfásial de fosfolípidos y proteínas llamadas las apoproteínas de baja densidad (Guilmineau y Kulozik, 2007).

Los componentes de la yema de huevo son los principales responsables de la emulsificación de las gotas de aceite. Se ha propuesto que las lipoproteínas se adsorben en la interfase de las gotas, donde algunas permanecen plegadas, otras forman agregados micelares y el resto se despliegan hacia el medio continuo (Gallegos et al., 1988).

Estas pueden entrecruzarse con las asociadas a gotas vecinas, provocando la formación de una especie de entramado responsable de la viscoelasticidad de estos sistemas. El mencionado entramado está constituido por agrupaciones de gotas floculadas gracias a la labor de enganche de las proteínas desplegadas. En esta situación, las gotas inmovilizan un volumen de agua entre los huecos, que contribuye a la alta consistencia que ofrecen las mayonesas a velocidades de cizalla próximas a cero. También se han propuesto, como factores importantes, las colisiones entre gotas debido a la cizalla y, sobre todo, las interacciones hidrodinámicas entre gotas próximas (Gallegos et al., 1988).

#### **4.1.2.3. Vinagre.**

Actúa como preservante contra alteraciones microbiológicas y coagula las proteínas de la clara de huevo, estabilizando la espuma. Por otra parte, el vinagre contribuye a acentuar el sabor del producto (González, 1997).

#### **4.1.2.4. Condimentos.**

Normalmente se usa para su preparación sal, azúcar, mostaza en polvo y especias como pimienta.

#### **4.1.2.5. Mostaza en polvo.**

La mostaza es añadida por su contribución de sabor, pero también por su contribución a la estabilización de la emulsión. Los aderezos contienen generalmente mostaza en polvo como un efectivo emulsificante. Añadiendo pocas cantidades de mostaza en polvo (0,5%) se incrementa la estabilidad de la emulsión (Friberg et al., 2004).

#### **4.1.2.6. Goma guar.**

La goma guar es una cadena lineal de unidades (1-4)- $\beta$ -D-piranosil con unidades  $\alpha$ -D-galactopiranosil unidas por enlaces (1-6), con una proporción de D-galactosa y D-manosa de 1:2. Esta goma vegetal forma dispersiones coloidales cuando es hidratada en agua fría. Debido a su carácter no-iónico, es compatible con diversas sales en un amplio rango de concentraciones, además esta propiedad le permite una alta estabilidad en un amplio rango de pH (1,0 – 10,5) (González, 1997).

#### **4.1.3. Proceso de elaboración**

La mayonesa, al igual que otros aderezos, consiste en una fase de aceite, una fase acuosa y un emulsionante. Una vez mezcladas, las dos fases forman una emulsión de aceite en agua, ya ellas se les agrega un emulsionante que las estabiliza.

El tamaño de las gotas de aceite en la emulsión determina en gran medida la calidad del producto.

El proceso puede comprender cuatro etapas:

- Preparación de materias primas
- Dosificación
- Emulsificación
- Almacenamiento de producto terminado

El proceso de elaboración de mayonesa se realiza en forma continua. Las distintas fases son preparadas en tanques separados (para la fase acuosa y aceite además de vinagre y huevo). Por medio de un sistema de dosificación, estas fases son incorporadas al sistema de emulsificación.

Estos sistemas de emulsificación habitualmente comprenden dos etapas. En primer término se realiza una pre-emulsión y luego ésta es procesada en un molino coloidal, dispositivo con motor de alta velocidad y mínimas holguras que facilita la emulsión de dos líquidos. Así se alcanza una fina y homogénea distribución de las gotas de aceite. A continuación, el producto final se almacena inmediatamente en tanques pulmón, antes del envasado.

En el caso de la elaboración de mayonesa con contenido de aceite reducido, puede resultar necesario someter la fase acuosa a un tratamiento térmico previo a la emulsificación, si ésta fase contuviera almidón pre-gelatinizado. En este tipo de equipos, la fase es calentada hasta la temperatura necesaria, luego se la mantiene a dicho nivel y posteriormente es enfriada hasta la temperatura de proceso requerida.

Opcionalmente, para elaborar mayonesas con ingredientes en partículas, como por ejemplo vegetales, se utiliza una mezcladora continua luego del sistema de emulsificación. Para aumentar la vida de la salsa, en algunas ocasiones se añade EDTA (ácido *etilendiaminotetraacético*) en forma de sal de sodio o de calcio. Esta sustancia inhibe la acción de iones metálicos que favorecen la rancidez. El envasado con gases inertes (nitrógeno, dióxido de carbono) otorga igualmente una mayor durabilidad del producto.

Durante los últimos años la mayonesa envasada se ha transformado en un producto de consumo masivo, presente en la mayoría de los hogares. A fin de generar nuevas propuestas las empresas innovan en formatos y contenidos para tentar a los distintos tipos de consumidores.

Así han surgido variedades *light* y *libre de colesterol* debido a la mayor preocupación de la gente por cuidar su dieta alimenticia.

#### **4.1.4. Innovaciones.**

La mayonesa, por definición, debe estar elaborada con huevo o yema de huevo. Sin embargo, han surgido en el mercado aderezos que presentan similares características a la mayonesa en cuanto a consistencia, textura y color pero que no utilizan huevo en su formulación. Tienen iguales empleos en la cocina e inclusive son elaborados por las mismas empresas que producen mayonesa. Si bien el Código Alimentario establece que pueden elaborarse aderezos en forma de una emulsión de aceite vegetal comestible debidamente sazonados, prohíbe el uso de letras, sílabas o cualquier otra expresión que por su grafía y/o fonética sugieran la palabra Mayonesa así como la de Mayonesa sin huevo. En los puntos de venta suelen ocupar los mismos espacios que la mayonesa. Algunos ejemplos de este grupo de productos son:

- Aderezos a base de soja. En 1998 Ades presentó el aderezo de soja, similar a la mayonesa, pero sin huevo. Este producto es actualmente producido por Unilever. AGD elabora un aderezo similar bajo la marca SOJOLA (*Ing. Alim. Daniel Franco – 2010*).

#### **4.1.5. Características.**

Debe cumplir la norma técnica NTC 1756. Salsa proveniente de la emulsión semisólida de aceites vegetales comestibles refinados, yema de huevo, jugo de limón, vinagre, edulcorantes naturales, especias y condimentos. La mayonesa no debe contener almidón. No debe contener emulsificantes, estabilizantes ni espesantes.

#### **4.1.5.1. Requisitos específicos**

El producto se requiere con una vida útil Mínima de ocho (8) meses contados a partir de la fecha de producción.

## **4.2. EMULSIONES**

### **4.2.1. Definición.**

Una emulsión se describe como un sistema que contiene dos fases líquidas inmiscibles, dispersas una en otra, en forma de pequeñas gotas que tienen entre 0,1 y 50  $\mu$ m de diámetro. La fase constituida por pequeñas gotitas se denomina fase “interna” o “dispersa”, y la matriz en la que están disueltas se denomina fase “externa” o “continua” (Fennema, 1993).

Las variables más importantes que determinan las propiedades de una emulsión son las siguientes (Fennema, 2000):

#### **4.2.1.1. Tipo.**

Es decir, aceite en agua (o/w) o agua en aceite (w/o). Las emulsiones o/w son muy frecuentes; como ejemplos pueden citarse la leche y diversos productos lácteos, las salsas, los aderezos y las sopas. La manteca y margarina son emulsiones de tipo w/o.

#### **4.2.1.2. Fracción volumétrica de la fase dispersa ( $\phi$ )**

En la mayor parte de los alimentos,  $\phi$  oscila entre 0,01 y 0,4. En la mayonesa, puede ser 0,8, que es un valor superior al máximo para empaquetamiento de esferas rígidas, aproximadamente 0,7; esto significa que las gotas de aceite tienen que estar algo distorsionadas.

#### **4.2.1.3. La composición de la fase continua**

Que determina las relaciones entre el disolvente, y el surfactante, por lo tanto las interacciones coloidales. La viscosidad de la fase continua afecta considerablemente al “desnatado” (Fennema, 2000).

### **4.2.2. Tensión superficial y área superficial.**

La tensión superficial es una consecuencia del desequilibrio de fuerzas sobre las moléculas situadas en una superficie. Si se considera un sistema aire-agua, las moléculas de agua situadas en la interface son muy

diferentes a las situadas dentro de la masa de la disolución, experimentando distintos efectos de las fuerzas intermoleculares.

Las moléculas tienden a moverse hacia el interior de la masa acuosa, puesto que una molécula de agua en esta posición tiene una energía potencial menor que en la interface. Esta fuerza que impulsa a la molécula de agua situada en la superficie a moverse hacia el interior se denomina tensión superficial. Si se trata de un sistema donde la fase dispersa y la continua son líquidas, esa fuerza se denomina tensión interfacial (Fennema, 2000).

Otra forma de razonar es considerando la energía necesaria para desplazar una molécula de agua desde el conjunto de la disolución hasta la superficie. Esta energía se utiliza para aumentar el área interfacial. Por esta razón, las gotitas de agua adoptan espontáneamente una forma esférica, puesto que la esfera tiene la mínima relación superficie/volumen. El mismo razonamiento puede aplicarse a un sistema de aceite/agua. Las moléculas de aceite tienden a mantenerse en la fase lipídica.

Consecuentemente, se requiere el aporte de trabajo para dispersar las moléculas de aceite en una solución acuosa (Wong, 1995).

#### **4.2.3. Formación de una emulsión.**

Para obtener una emulsión se necesita aceite, agua y un emulsionante (es decir, un surfactante) y energía (generalmente energía mecánica). Fabricar las gotas es fácil; romperlas en otras más pequeñas es difícil. Las gotas resisten la deformación y la rotura.

Se necesita, por ello, un considerable consumo de energía. La energía necesaria se puede reducir si se reduce la tensión interfacial, añadiendo un emulsionante, aunque este no sea el papel fundamental del mismo.

La energía necesaria para formar y romper las pequeñas gotas se suministra generalmente mediante una agitación intensa. La agitación puede generar fuerzas de cizalla suficientemente intensas si la fase continua es muy viscosa, como suele suceder al fabricar emulsiones w/o, lo

que resulta en pequeñas gotas con diámetro de hasta unos pocos micrómetros (que no es un diámetro muy pequeño). En una emulsión de o/w, la viscosidad de la fase continua tiende a ser baja; para romper las pequeñas gotas se requieren fuerzas de inercia producidas por las rápidas e intensas fluctuaciones de presión debidas al flujo turbulento. El instrumento de elección es un homogeneizador de alta presión, que puede producir gotitas de hasta 0,2  $\mu$ m. El tamaño medio de las gotitas es aproximadamente proporcional a la presión de homogeneización elevada a la potencia -0,6. Cuando se utilizan agitadores de alta velocidad, agitaciones rápidas y prolongadas, o agitaciones en volúmenes reducidos, las gotitas son menores; sin embargo, generalmente no se pueden obtener diámetros medios inferiores a 1 o 2  $\mu$ m.

Durante el proceso de formación de la emulsión, además de rotura de las gotitas, el emulsionante tiene que ser transportado a las nuevas interfaces creadas. El emulsionante no es transportado por difusión sino por convección; el transporte es muy rápido. La intensa turbulencia determina frecuentemente colisiones entre las gotas. Si las gotas no están en ese momento suficientemente recubiertas por el surfactante, pueden coalescer de nuevo. Estos procesos ocurren numerosas veces hasta que se alcanza más o menos un estado estacionario en el que la rotura y la coalescencia acaban equilibrándose. (Fennema, 2000).

#### **4.2.4. Estabilidad de emulsiones**

Entre los factores que contribuyen a la estabilización de una emulsión, podemos mencionar (Fennema, 1993):

##### **4.2.4.1. Tensión interfacial**

La mayoría de los emulsionantes son anfílicos, por lo que se concentran en la interface aceite-agua, produciendo una disminución significativa de la tensión interfacial y una reducción de la energía necesaria para formar las emulsiones.

#### **4.2.4.2. Repulsión debida a la carga eléctrica**

Frecuentemente, la estabilidad de la emulsión se atribuye, en gran medida, a la presencia de fuerzas eléctricas repulsivas en las superficies de las gotitas de la emulsión. Con frecuencia se ha aplicado la clásica teoría DLVO (por las iniciales de los autores) de la estabilidad coloidal a las emulsiones. Según esta teoría, las partículas dispersas están sometidas a la acción de dos fuerzas independientes, las fuerzas de atracción de Van der Waals y las de repulsión electrostática debidas a la presencia de dobles capas eléctricas en las superficies de las partículas. La interacción neta entre las partículas se obtiene sumando estos dos términos. Si las fuerzas de repulsión exceden a las de atracción, existe una barrera de energía que se opone a la colisión; cuando la magnitud de esta barrera de energía es mayor que la energía cinética de las partículas, la suspensión es estable.

El potencial de Van der Waals (negativo) sólo es significativo cuando la distancia entre las partículas es muy pequeña. A distancias intermedias, las fuerzas repulsivas son mucho mayores que las atractivas. Debe tenerse precaución a la hora de aplicar la teoría DLVO, desarrollada originalmente para las sales inorgánicas, a las emulsiones. Por ejemplo, en las emulsiones la coalescencia implica una ruptura de la película adsorbida alrededor de las gotitas, y los cálculos de la barrera de energía potencial que se opone a la colisión de los glóbulos de aceite deberían hacerse teniendo en cuenta en primera aproximación factores tales como la distorsión o aplanamiento de las gotitas de aceite. No obstante la teoría DLVO proporciona una buena aproximación de la contribución electrostática a la estabilidad de la emulsión.

Los surfactantes iónicos contribuyen a la estabilidad de las emulsiones de aceite en agua, ya que participan en el establecimiento de las dobles capas eléctricas en la fase acuosa adyacente a cada gotita de aceite.

#### **4.2.4.3. Estabilización por macromoléculas**

Varias sustancias de peso molecular elevado, entre las que se encuentran algunas gomas y proteínas, son capaces de formar películas gruesas alrededor de las gotitas de una emulsión, formando una barrera física frente a la coalescencia. Cuando se adsorben proteínas, éstas se extienden y

dispersan en la interface de forma que sus grupos no polares se orientan hacia el aceite y sus grupos polares hacia la fase acuosa. El efecto estabilizante de la emulsión depende principalmente de la viscoelasticidad y del espesor de la película proteica.

#### **4.2.4.4. Estabilización mediante cristales líquidos**

En una emulsión (o/w o w/o) las interacciones débiles entre el emulsificante, el aceite y el agua dan lugar a la formación de una multicapa con estructura de cristal líquido alrededor de las gotitas. Esta barrera produce en la interacción una reducción de las fuerzas de Van der Waals, dando lugar a una mayor estabilidad de la emulsión. La importancia de tales estructuras con respecto a la estabilidad de la emulsión, se debe a la alta viscosidad de los cristales líquidos comparada con el agua.

El tipo de multicapas de cristales líquidos formados depende de la naturaleza del emulsionante. Por ejemplo los polisorbatos, que forman cristales líquidos de estructura hexagonal I con el agua, se transforman en cristales líquidos laminares cuando se introducen triacilglicerolos. De forma similar, tanto el estearil lactato de sodio (que forma cristales líquidos laminares con el agua) y los monoacilglicerolos insaturados (que forman estructuras isotrópicas viscosas con el agua) dan cristales líquidos hexagonales II cuando existe agua y aceite. Si se introduce un exceso de aceite, se forma una emulsión de aceite en agua con cristales líquidos en la interface.

#### **4.2.4.5. Estabilización por aumento de la viscosidad de la fase continua**

Cualquier factor que contribuya a aumentar la viscosidad de la fase continua de una emulsión retarda significativamente los procesos de floculación y coalescencia. La gelatina y muchas gomas, y los hidrocoloides (Belitz y Grosch, 1992) se utilizan frecuentemente para estabilizarlas emulsiones de aceite en agua debido a su influencia en la viscosidad de la fase acuosa. Además de todos estos factores, también favorecen la emulsión la existencia de una diferencia de densidad mínima entre las fases y el tamaño pequeño de los glóbulos dispersados. Las gotas más pequeñas dan como

resultado emulsiones más estables (Fennema, 1993).

#### **4.2.5. Desestabilización de las emulsiones.**

Las emulsiones son termodinámicamente inestables y tienden a desestabilizarse por uno o más de los tres mecanismos siguientes (Fennema, 1993):

##### **4.2.5.1. Formación de nata o sedimentación**

Se produce bajo la acción de las fuerzas gravitatorias entre fases que tienen distinta densidad. La velocidad a la que se produce cumple la ley de Stokes:

$$V = \frac{2r^2 g \Delta\rho}{9\mu} \text{ Ecuación 1.}$$

Donde **V** es la velocidad del glóbulo, **r** su radio, **g** la fuerza de gravedad,  **$\Delta\rho$**  la diferencia de densidad entre las dos fases, y  **$\mu$**  la viscosidad de la fase continua. Cuando los glóbulos forman agregados, su comportamiento con respecto a esta ecuación se desvía, por lo que para que se cumpla exactamente esta ecuación debe utilizarse el radio del agregado, no el de los glóbulos individuales.

##### **4.2.5.2. Floculación o agregación**

Una vez producida la floculación, los glóbulos grasos se mueven como un conjunto en vez de como individuos. La floculación no implica una ruptura de la película interfacial que rodea normalmente cada glóbulo y por lo tanto no implica un cambio en el tamaño de los glóbulos originales. La principal causa de la floculación es la carga electrostática inadecuada de la superficie del glóbulo.

##### **4.2.5.3. Coalescencia**

Implica la ruptura de la película interfacial, el agrupamiento de los glóbulos, y la reducción del área interfacial. En el caso extremo, existirá una interface plana entre la fase lipídica homogénea y la fase líquida homogénea. El contacto entre los glóbulos es una etapa previa a la coalescencia, y esto puede producirse mediante la floculación, formación de nata o sedimentación, y/o movimiento browniano.

Para obtener emulsiones estables debe contrarrestarse la tendencia espontánea a minimizar el área interfacial a través de la coalescencia, lo que generalmente se consigue adicionando emulsionantes, que usualmente son compuestos activos superficialmente que se adsorben en la interface disminuyendo la tensión interfacial, ofreciendo una resistencia física a la coalescencia y, a veces, aumentando la carga superficial (Fennema, 1993).

#### **4.2.6. Emulsionantes.**

##### **4.2.6.1. Definición.**

Los emulsionantes de uso alimentario son ésteres incompletos de ácidos grasos y polialcoholes o ácidos orgánicos solubles en agua. Un emulsionante, consiste en una parte hidrófila y otra hidrofóbica separadas pero formando parte de la misma molécula (Wong, 1995). En los sistemas alimentarios sus funciones son:

- Favorecer la estabilidad de la emulsión controlando la agregación de los glóbulos de grasa.
- Mejorar la estructura esponjosa reduciendo la tendencia al endurecimiento de los productos de panadería y repostería.
- Reforzar la consistencia de la masa de harina de trigo al interactuar con el gluten.
- Mejorar la consistencia de los productos grasos controlando la cristalización de la grasa.

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).

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.

#### **4.2.6.2. Carrageninas.**

Las carrageninas forman parte de un grupo de polisacáridos que están presentes en la estructura de ciertas variedades de algas rojas (*Rhodophyceae*). Estos polisacáridos tienen la particularidad de formar coloides espesos o geles en medios acuosos a muy bajas concentraciones. Debido a estas excepcionales propiedades funcionales son ampliamente utilizados como ingredientes en diversas aplicaciones (GELYMAR, 2000).

Las principales variedades de algas marinas empleadas para la extracción de carrageninas son las que pertenecen a la familia *Gigartinaceae*, donde se puede encontrar la especie *Gigartina*, la cual crece en aguas frías, principalmente en las costas del sur de Chile, produciendo carrageninas de tipo *kappa* II y *lambda*; y de la familia *Solieriaceae*, donde se encuentra la especie *Eucheuma*, la que crece en aguas cálidas, principalmente en Filipinas e Indonesia, y produce carrageninas del tipo *kappa* I e *iota* (GELYMAR, 2000).

FENNEMA, 1993 define a la carragenina químicamente como poligalactanos que son polímeros lineales de moléculas alternadas de galactosa y 3,6 anhidro + D- galactosa unidos por enlaces  $\alpha$  1-3 y  $\beta$  1-4. Además estas moléculas se encuentran parcialmente sulfatadas a través de sales de potasio, sodio, calcio y magnesio.

#### **4.2.6.3. Funciones de las carrageninas.**

Las carrageninas poseen las siguientes funciones:

- Capacidad para formar complejos con las proteínas para obtener geles, suspensión, floculación, estabilización y precipitación de partículas.
- Capacidad para formar geles termorreversibles a temperatura ambiente, transparentes, de texturas rígidas a elásticas, con distintos grados de retención de agua.

- Capacidad de determinar diferentes propiedades reológicas con el fin de espesar, suspender partículas insolubles y/o de gran tamaño (FENNEMA, 1993).

#### 4.2.6.4. Propiedades de las carrageninas

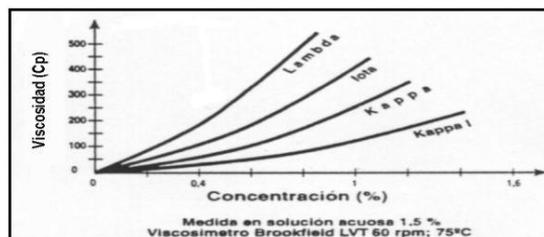
Dentro de las propiedades más relevantes de las carrageninas se puede mencionar:

- **Viscosidad:** Las carrageninas, cuando están sometidas a altas temperaturas, dan soluciones con bajas viscosidades y a medida que la temperatura del sistema disminuye la viscosidad aumenta, pudiendo pasar posteriormente a un estado de gel según el tipo de carragenina (GLIKSMAN, 1969).

La viscosidad está dada, principalmente por la estructura macromolecular lineal altamente ramificada y por la naturaleza polielectrolítica de las carrageninas. Debido a su estructura y a su carácter hidrofílico, la carragenina se mantiene rodeada de moléculas de agua lo que opone una resistencia al flujo modificando las propiedades reológicas y determinando variados grados de viscosidad (GLIKSMAN, 1969).

Como muestra en la FIGURA 1, la viscosidad depende de factores como concentración y tipo de carragenina, además de temperatura, presencia de otros solutos y peso molecular, entre otros. La presencia de sales inhibe la repulsión producida entre los grupos sulfatos y por lo tanto disminuyen la viscosidad de la solución (ANDERSON, 1968).

**FIGURA 1. Viscosidad de las fracciones de carrageninas en agua.**



FUENTE: GELMAR (2000)

- **Gelificación.** La interacción entre caseína y carragenina no es responsable de la gelificación de los productos lácteos. Durante el enfriamiento, bajo la temperatura de gelificación, sectores de moléculas de carragenina forman la doble hélice como en los sistemas de agua, pero la interacción caseína / *kappa*-carragenina refuerza esta red y como resultado, la cantidad necesaria de carragenina para gelificar un sistema lácteo es mucho menor que la cantidad necesaria para gelificar un sistema de agua (LANGERDOFF *et al*, 1997).

La *kappa* carragenina gelifica en presencia de iones potasio y la rigidez del gel aumenta con el incremento de la concentración de dicho ion. En cambio la *iota*-carragenina, gelifica con iones calcio para formar un gel elástico, libre de sinéresis (GLIKSMAN, 1969).

- **pH.** Las soluciones en agua de carrageninas están sujetas a rompimientos en la cadena molecular, en los enlaces glucosídicos. Tales divisiones ocurren bajo condiciones ácidas o de oxidación, viéndose el efecto aumentado con la temperatura y el tiempo del tratamiento. Para una mínima degradación durante un proceso, se preferirá usar altas temperaturas por cortos períodos de tiempo. La mayor estabilidad de una carragenina se logra a pH 9; a pH de 3-4 ocurrirá una severa degradación, perdiendo viscosidad el sistema (GLIKSMAN, 1969).
- **Solubilidad.** El proceso de solubilización comprende primero una hidratación de la carragenina en función de la concentración, tipo de cationes presentes, temperatura del agua y medio de dispersión (GELYMAR, 2000).

Las carrageninas presentan un comportamiento hidrofílico, por lo que son solubles en agua e insolubles en solventes orgánicos. La solubilidad de las carrageninas depende de su estructura química y especialmente del contenido de grupos 3,6 anhidro-D-galactosa y grupos sulfatos. El primer grupo presenta características hidrofóbicas y los grupos sulfatos propiedades hidrofílicas, por lo tanto, la solubilidad depende del contenido y distribución de ambos grupos (GLIKSMAN, 1969).

- **Reactividad con proteínas.** Está dada principalmente por los grupos sulfatos cargados negativamente, los cuales de acuerdo al tipo de asociaciones que se produzcan con cationes determinará las propiedades físicas de la aplicación (GELYMAR, 2000).
- **Mecanismo de gelificación.** Las carrageninas forman geles Termorreversibles al ser sometidos a ciclos de calentamiento y de enfriamiento.

Durante el proceso de calentamiento la solución presentará un aumento en su viscosidad debido al desenrollamiento de las moléculas de carragenina con la subsecuente ligadura del hidrógeno a las moléculas de agua en el medio. La ligadura de agua disminuye la cinética del sistema lo que resulta en un aparente aumento de la viscosidad (STANLEY *et al.*, 1992).

Un calentamiento posterior agregará suficiente energía al sistema causando el rompimiento de los enlaces de hidrógeno, liberando de este modo las moléculas de agua en la solución y se producirá una pérdida aparente de viscosidad asegurando la completa solubilización de la carragenina (STANLEY *et al.*, 1992).

Durante el proceso de enfriamiento las carrageninas alinean dos cadenas helicoidales similares, enfocando el grupo 4-sulfato hacia el interior de las mismas. La fuerte electronegatividad produce el rechazo de ambas hélices siendo neutralizado por iones potasio en el caso de *las kappa* carrageninas y por iones calcio cuando se trata de *iota* carragenina (STANLEY *et al.*, 1992).

#### **4.2.6.5. Diferencias químicas de las carrageninas.**

El contenido y posición de los grupos éster sulfato determinan las diferencias primarias entre las carrageninas, obteniéndose principalmente:

- **Kappa I ( $\kappa$ I)**, esta carragenina es la de mayor poder de gelificación. Posee un contenido de éster sulfato entre un 24% y un 25%, y entre un 35% y un 40% de 3,6 AG. Debido al alto contenido de 3,6 anhidro galactosa, este tipo de carragenina produce geles firmes y quebradizos en agua con alta sinéresis. Requiere de alta temperatura para su completa disolución (aproximadamente 75°C), impartiendo baja viscosidad al sistema en el cual es aplicada (GELYMAR, 2000).
- **Kappa II ( $\kappa$ II)**, es la carragenina con mayor reactividad con la leche. Posee un contenido entre un 25% y un 28% de éster sulfato y entre un 32% y un 34% de 3,6 anhidro galactosa. Forma geles firmes y elásticos en agua y leche con moderada sinéresis. Posee una muy alta reactividad con las proteínas lácteas y requiere de temperatura para su completa disolución (aproximadamente 71°C).

Su viscosidad es un poco mayor comparada con la carragenina Kappa I, dado su mayor peso molecular (GELYMAR, 2000).

- **Iota ( $\iota$ )**, forma un gel muy elástico en agua, resistente a ciclos de congelado y descongelado. Posee un contenido entre un 30% y 32% de éster sulfato y entre un 28% y un 32% de 3,6 anhidro galactosa. Forma geles muy elásticos en agua y leche con baja sinéresis. Tiene una buena estabilidad a ciclos de congelación y descongelación. Requiere de temperatura para su completa disolución, aproximadamente 60°C (GELYMAR, 2000).
- **Lambda ( $\lambda$ )**, es la carragenina más soluble en agua y leche. Posee un contenido de alrededor de un 35% de éster sulfato y un 0% de 3,6 anhidro galactosa, lo que imposibilita la gelificación. Es soluble en agua y leche fría, impartiendo alta viscosidad a los sistemas en que es aplicada (GELYMAR, 2000).

#### **4.2.6.6. Especificaciones de las carrageninas.**

Las carrageninas para uso en alimentos deben cumplir con las especificaciones de calidad y pureza determinadas por el Código de los productos químicos alimenticios (FCC, 3<sup>th</sup> ed.), el código de ESTADOS

UNIDOS de las regulaciones federales (21 CFR 172.620, 176.626 and 182.725), la unión europea (EEC, E-407), el código del aditivo alimenticio de Japón y las normas establecidas por FAO/OMS para ingredientes de alimentos.

#### **4.2.6.7. Características de los extractos de carragenina utilizados.**

Aquellas carrageninas que no han pasado por un proceso de estandarización, que están en estado puro, se denominan “extractos de carragenina”. A continuación se presentan las características principales de los extractos en estudio:

- **Extracto A-PI:** carragenina tipo *iota*, extraída del alga *Euchema denticulatum* mediante coagulación con alcohol. Proporciona una textura suave y elástica en geles de agua y de leche. Posee alta reactividad con calcio y entrega un buen control de sinéresis.
- **Extracto A-MR:** Carragenina tipo *kappa-iota-lambda*, obtenida a través de la precipitación con alcohol, de las algas rojas *Gigartina skottsbergii* y *Sarcothalia crispata*, para ser usada en alimentos y en productos farmacéuticos. Posee buena reactividad con leche, alta viscosidad en agua fría y caliente, estabilizando los sistemas lácteos e impartiendoles textura suave.

#### **4.2.7. Estabilizantes y sus características.**

##### **4.2.7.1. Inulina.**

La inulina es un carbohidrato de almacenamiento que se encuentra naturalmente en más de 36.000 plantas y vegetales, como el trigo, ajo, cebolla, espárragos, puerro, remolacha, alcaucil y la raíz de achicoria. Esta última posee un gran contenido de inulina, y es de donde se extrae a nivel industrial la mayoría de las inulinas comerciales.

#### **4.2.7.2. Almidón de yuca modificado instantáneo.**

El almidón es un polisacárido de reserva energética en plantas. Está constituido por dos tipos de polímeros un 20-30 % de amilosa y un 70-80 % de amilopectina.

La amilosa es un polímero lineal de residuos de D-glucosa, unidos por enlace 1,4. En los gránulos de almidón, este polímero está presente bajo forma cristalizada, debido principalmente al gran número de enlaces de hidrógeno existentes entre los grupos hidroxilo. Los enlaces de hidrógeno de la amilosa también son responsables de la adsorción de agua y de la formación de geles, en el curso de la retrogradación, después de la gelatinización (Cheftel y Cheftel, 1992). La amilopectina es un polímero ramificado de D-glucosa, unidos por enlace 1,4, salvo a nivel de las ramificaciones, donde son del tipo 1,6. Durante la cocción la amilopectina absorbe mucha agua y es, en gran parte, responsable de la hinchazón de los gránulos de almidón. Debido al incremento estérico, las moléculas de amilopectina no tienen tendencia a la recristalización, y por lo tanto poseen un elevado poder de retención de agua, contrariamente a la amilosa. Las soluciones de amilopectina no retrogradan (Cheftel y Cheftel, 1992).

Algunas moléculas de amilosa y amilopectinas adyacentes se asocian a través de puentes de hidrógeno, dando paquetes cristalinos, llamados micelas. Estas mantienen unido al gránulo de almidón, permitiendo su hinchamiento y la dispersión del gránulo con la mínima fragmentación (Medin y Medín, 2002).

Para su utilización como ingrediente alimentario los almidones se encuentran en su estado nativo o modificado. Por el calentamiento de las suspensiones de almidón y posterior desecación se obtienen productos solubles en agua fría y capaz de formar geles (almidón modificado pre gelatinizado). Estos se utilizan en productos alimenticios instantáneos, por ejemplo: flanes y similares o como coadyuvantes de panadería, también se utilizan en rellenos, salsas para ensaladas y postres instantáneos. (Belitz y Grosch, 1992).

- **Afinidad del almidón con el agua:** El almidón posee poca afinidad con el agua formando una suspensión no coloidal. Cuando a la suspensión almidón/agua se la somete al calentamiento aumenta su afinidad y ocurren dos fenómenos encadenados la gelatinización y la gelificación (Medin y Medin, 2002).

#### **4.2.7.3. Gelatinización.**

Cuando el almidón se dispersa en agua fría, los gránulos se hinchan ligeramente (10 a 20%), debido a la difusión y absorción de agua en las regiones amorfas, pero este hinchamiento es un proceso reversible al secarse. Cuando los gránulos de almidón son calentados en agua a temperaturas mayores, se alcanza un punto donde los gránulos hinchados presentan un fenómeno irreversible, pierden el orden estructural (se pierde la birrefringencia), el cual es debido a la fusión de los cristales. Cuando los gránulos continúan expandiéndose, la amilosa lixivia a la fase intergranular acuosa. Estos cambios moleculares llevan a un aumento sustancial en la viscosidad de la muestra. En conjunto, la ruptura de la estructura granular, el hinchamiento y la hidratación, y solubilización de las moléculas de almidón se conoce como gelatinización. (Bello Pérez y Col. 2006). La temperatura a la que se produce el hinchamiento completo de los gránulos de almidón se conoce con el nombre de rango de gelatinización y es característico de cada variedad (Medin y Medin, 2002).

#### **4.2.7.4. Gelificación.**

Después de la gelatinización o formación de pasta de almidón, la amilosa y amilopectina pueden ser consideradas como disueltas. Las moléculas de amilosa tienen una fuerte tendencia a asociarse a través de la formación de puentes de hidrógeno con otras moléculas de amilosa adyacentes cuando la solución se enfría, o al mantenerla por largos períodos de tiempo.

El grado de hinchamiento y desintegración del gránulo, así como la exudación de la amilosa, dependen del tipo y concentración de almidón, temperatura, presencia de otros solutos, y el corte o agitación aplicada

durante el calentamiento. Al enfriar, una dispersión de almidón gelatinizada se convierte en una pasta viscoelástica turbia, o en concentraciones de almidón suficientemente altas ( $> 6\%$  m/m), en un gel elástico opaco. La amilosa exudada de los gránulos hinchados forma una red, por asociación de las cadenas que rodean los gránulos gelatinizados. A concentraciones mayores al nivel crítico ( $> 6\%$  m/m), se forma una red tridimensional con los gránulos hinchados, que llegan a embeber en una matriz continua moléculas de amilosa enlazadas.

Los geles de almidón son sistemas metaestables, en estado de no-equilibrio, produciéndose transformaciones de su estructura tales como agregación de cadenas y recristalización, durante el almacenamiento.

Los cristales eventualmente comienzan a formarse, y esto es acompañado por un aumento gradual en la rigidez, produciéndose una separación de la fase sólida (cristales de amilosa y de amilopectina) y la fase acuosa (agua líquida), este proceso se denomina sinéresis. Si la solución de almidón original se gelatiniza y enfría lentamente, las moléculas de amilosa tienen el tiempo suficiente para alinearse de tal forma que varios enlaces de hidrógeno pueden formarse entre cadenas paralelas adyacentes. Este fenómeno se conoce como retrogradación y se manifiesta por la formación de precipitados o geles.

Se ha demostrado que la retrogradación consiste en dos procesos separados: 1) gelificación de las moléculas exudadas de amilosa de los gránulos durante la gelatinización y 2) la recristalización de la amilopectina.

La re asociación de la amilosa y amilopectina en el almidón gelatinizado incrementa la rigidez entre los gránulos hinchados. La amilosa normalmente gelifica fuera de los gránulos de almidón después de la gelatinización; la amilopectina permanece dentro de los gránulos hinchados donde lentamente recristaliza. La amilosa, con su naturaleza lineal, es la responsable de la gelificación del almidón (Bello-Pérez y col., 2006).

El almidón de mandioca nativo comienza a gelatinizar a baja temperatura ( $T$  52 – 64 °C) y tiene poca tendencia a retrogradarse, produciendo un gel

suave y deformable, ya que contiene una pequeña cantidad de amilosa (aproximadamente 20%) (Medin y Medin, 2002).

#### **4.2.7.5. Gomas.**

Bajo la denominación de gomas se incluye un amplio grupo de polisacáridos solubles en agua procedentes de vegetales terrestres o microorganismo que poseen la capacidad de aumentar la viscosidad de una solución y de formar geles debido a su carácter altamente hidrofílico.

- **La goma guar:** se extrae moliendo el endospermo de las semillas de guar, el mayor componente del endospermo es un galactomanano de semilla, siendo el polisacárido específico de la goma guar el guarano, es un polímero lineal con ramificaciones de una unidad (se comporta como polímero lineal), tiene alta solubilidad en agua, forma soluciones estables, opacas, muy viscosas y moderadamente pseudoplásticas, es un espesante económico.

Entre las aplicaciones alimentarias más importantes se puede mencionar: ligante de agua, previene el crecimiento de cristales de hielo, mejora la palatabilidad. Se utiliza en productos lácteos, alimentos pre-cocidos, productos de panadería, salsas, alimentos para animales (Fennema, 2000).

- **La goma xántica:** es producto de un microorganismo (*Xanthomonas Campestris*) que se encuentra principalmente en las hojas de plantas de la familia de los coles, es un polímero lineal con ramificaciones de trisacáridos en cada unidad de la cadena principal (se comporta como polímero lineal), tiene una alta solubilidad en agua, forma soluciones muy pseudoplásticas de alta viscosidad; excelente estabilizador de emulsiones y suspensiones; la viscosidad no se ve afectada por la temperatura ni el pH; compatible con la sal; interacciona con la goma guar, lo que genera un incremento sinérgico de la viscosidad de sus soluciones.

Entre las aplicaciones alimentarias más importantes se puede mencionar: estabilizante de dispersiones, suspensiones y emulsiones acuosas. Generalmente se utiliza como espesante general (Fennema, 2000).

#### **4.2.8. Conservantes.**

##### **4.2.8.1. Vinagre de alcohol.**

El vinagre (solución acuosa de ácido acético al 4 %) se adiciona a productos como el aderezo desarrollado en este trabajo con doble propósito, aportar sabor e inhibir el crecimiento microbiano. La actividad antimicrobiana del ácido acético, al igual que la de otros ácidos alifáticos, aumenta al disminuir el pH. (Fennema, 2000).

##### **4.2.8.2. Sorbato de potasio.**

El ácido sórbico y sus sales sódicas y de potasio se emplean ampliamente como inhibidores del crecimiento de mohos y levaduras en una extensa gama de alimentos. El ácido sórbico es particularmente eficaz para controlar el crecimiento de mohos y a las concentraciones en las que se emplea (hasta el 0,3 % en peso) apenas imparte sabor al producto. El procedimiento de aplicación puede ser por incorporación directa, recubriendo las superficies o impregnando los materiales de envoltura. La actividad del ácido sórbico aumenta al disminuir el pH, lo que indica que la forma indisociada es más inhibidora que la disociada. (Fennema, 2000).

#### **4.2.9. Aditivos alimenticios naturales.**

##### **4.2.9.1. Definición.**

Los aditivos alimentarios se utilizan desde que el hombre aprendió a conservar sus alimentos de una cosecha a otra o a mejorar la presentación y el valor nutritivo de su comida. El uso de la salazón y el ahumado como técnicas de conservación se remonta a miles de años. Ya los egipcios usaban colorantes y aromas para realzar ciertos alimentos y los romanos

empleaban salmuera, especias y colorantes en sus conservas y preparaciones.

En la primera mitad de este siglo, empezaron a descubrirse nuevas sustancias que cumplían las mismas funciones beneficiosas y que están hoy al alcance de todos. Entre ellas destacan los emulsionantes de la margarina, las levaduras químicas de los preparados para hacer bizcochos y los gelificantes utilizados en la mermelada. Los avances en nutrición y tecnología y los cambios en los hábitos de consumo han llevado a un uso cada vez mayor de aditivos alimentarios en los últimos cuarenta años. Así, los consumidores disponen de alimentos de calidad superior y más uniforme, a precios razonables. A título de ejemplo, sin los aditivos sería imposible obtener alimentos como la margarina, que contiene grasas poliinsaturadas, y muchos productos bajos en calorías.

Los aditivos alimentarios son sustancias que se añaden a los alimentos con diferentes finalidades:

- Mejorar la conservación y preservar sus propiedades iniciales.
- Mantener el valor nutritivo, evitando que el producto cambie sus propiedades organolépticas
- Asegurar la textura y consistencia de los alimentos.
- Mejorar su sabor, color y olor.

Los aditivos se pueden extraer de fuentes naturales para ser sintetizados en el laboratorio y dar como resultado un compuesto de las mismas características químicas que el producto natural o bien pueden ser compuestos sintéticos que no existen en forma natural. (*Universidad tecnológica equinoccial estudio sobre la utilización de conservantes y saborizantes para la conservación de alimentos y su impacto en la salud humana. sr. bolivarguillermonarvaez baque - Quito, 2007*)

- **Como se determina la seguridad de los aditivos**

Muchos aditivos se utilizan desde hace décadas e, incluso, siglos. Esta larga experiencia permite afirmar su seguridad. Para garantizar que esta seguridad se mantiene, los científicos revisan periódicamente estos aditivos tradicionales, sin desechar ninguna duda razonable. Los aditivos nuevos no sólo deben demostrar su utilidad, sino que se someten a un riguroso control de seguridad, antes de que se apruebe su uso.

En general, tanto para los nuevos aditivos como para los ya existentes, se recurre a expertos independientes que evalúan la seguridad de los mismos en base a toda la información disponible. En la Unión Europea, este grupo de expertos está representado por el Comité Científico para la Alimentación Humana. La información que evalúan proviene de pruebas realizadas en sujetos a lo largo de su vida, en las que se mide la respuesta del organismo al aditivo en cuestión y la estabilidad del aditivo en diferentes alimentos y bebidas. Estos experimentos también permiten decidir a qué usos se va a destinar cada aditivo y calcular la cantidad que se debe consumir. Si los expertos consideran que no disponen de suficiente información, exigen que se realicen pruebas adicionales.

Cuando se dispone de información suficiente para hacer una evaluación detallada, los expertos calculan la dosis diaria admisible (DDA) para ese aditivo, es decir, la cantidad que una persona puede consumir diariamente, sin riesgos, durante toda su vida. En general esto se calcula hallando, mediante pruebas exhaustivas, el nivel a partir del cual no se observan efectos y dividiéndolo por un factor de seguridad que suele ser 100.

Este factor de seguridad sirve para reforzar las garantías ante la posibilidad de que los seres humanos sean más sensibles al aditivo que los animales de laboratorio o en previsión de los casos de personas especialmente sensibles.

En la siguiente etapa, las autoridades normativas se basan en la DDA para establecer las cantidades autorizadas del aditivo, para lo cual consideran el consumo probable de alimentos y bebidas que contengan ese aditivo así como la cantidad necesaria para que el aditivo sea eficaz. Estos niveles autorizados

garantizan que el consumo total del aditivo será siempre bastante inferior a la DDA. Es importante subrayar que, dado que la DDA está basada en estudios de alimentación que abarcan una vida, unido al factor de seguridad de toda DDA, no hay que preocuparse si un día se consume una cantidad superior. De hecho, diversos estudios sobre dietética humana han confirmado en numerosas ocasiones que un consumo ocasional superior a la DDA se compensa con creces con un consumo habitual inferior.

#### 4.2.9.2. **Almendra** (*Prunus amygdalus L.*)

La almendra es un fruto comprimido lateralmente, de forma ovoides a ovadas y con drupa de piel lisa. Durante la maduración, cambia del color verde a amarillo o a rojo brillante en plena madurez. El fruto se compone de núcleo (10,32%), cubierta fibrosa (8,97%), cáscara (34,08%) y endocarpio duro (46,63%) (Inbaraj y Sulochana 2006).

La almendra dulce presenta un elevado contenido en grasas sobre todo insaturadas, aquellas que benefician la salud cardiovascular, gran cantidad de proteínas vegetales, y en menor medida, hidratos de carbono. Las proteínas que contienen son de buena calidad completas en cuanto a su contenido en aminoácidos esenciales. Su valor calórico es bastante elevado debido a su alto aporte de grasas y a la escasa cantidad de agua que presentan. El contenido en fibra de la almendra destaca sobre el resto de los frutos secos, por lo que tiene un efecto laxante mayor. (Inbaraj y Sulochana 2006).

Entre los minerales destacan el fósforo y magnesio. Una ración de 20g de almendras sin cáscara aporta el 15% de las ingestas diarias recomendadas para estos minerales, y alrededor del 6% de las señaladas para el hierro, potasio y calcio. Es una de las fuentes vegetales más rica en este último mineral, de ahí que la leche de almendras se emplee como sustituto de la leche de vaca cuando ésta no se tolera, y se recomiende su consumo para fortalecer los huesos y prevenir la osteoporosis. En esto colabora su contenido en fósforo, que también garantiza una buena calidad de los huesos. Por tanto, las almendras se recomiendan a niños en edad de

crecimiento y deportistas. En cuanto a las vitaminas, la almendra tiene cantidades moderadas de vitaminas del grupo B, además de ser una buena fuente de vitamina E, de acción antioxidante. La dosis de zinc, y el contenido en fitoesteroides, se suman a esta acción antioxidante, que ayuda a prevenir la formación de células cancerígenas y las enfermedades degenerativas de los diferentes órganos (Nagappa et al., 2003).

- **Clasificación taxonómica y origen.**

Existen diferentes hipótesis sobre el origen de almendro, que se ponen de manifiesto en las distintas clasificaciones taxonómicas.

Su primera denominación, *Amygdalus communis*, se debe a Linnaeus (1753). En 1768, Miller utiliza la denominación *Prunus dulcis* para identificar el almendro dulce cultivado (Webb 1967). Posteriormente la especie fue designada *Prunus amygdalus* por Batsch (1801), designación ampliamente aceptada por diversos autores, y *Prunus communis* por Archangeli (1882). En 1964, el General Committee of Botanical Nomenclature of the International Botanical Congress (Punt 1964), asignó al almendro dulce cultivado el nombre de *Prunus dulcis* (Miller), aceptando como sinónimos *Prunus amygdalus* Batsch y *Prunus communis* Archangeli. A pesar de ello, posteriormente algunos autores han seguido utilizando otras denominaciones.

Si se aceptan las clasificaciones de Schneider (1904), Rehder (1947) y otros, que la engloban en el género *Prunus*, subgénero *Amygdalus*, debe adoptarse la denominación *Prunus dulcis* Miller. Si se sigue la clasificación de Spach (1843), que considera *Amygdalus* como género, resulta adecuado el nombre *Amygdalus communis*, aceptado también por los investigadores de la escuela rusa (Vavilov 1930, Serafimov 1971, Richter 1962, Browicz 1974) y por los mismos Grasselly y Crossa-Raynaud (1980). Kester y col. (1990) aceptaron la pertenencia del almendro al género *Prunus*, la denominación *Prunus dulcis* para el almendro cultivado y el nombre *Prunus communis* para la antigua especie silvestre de la que derivaría la actualmente cultivada.

Actualmente se admite que *Prunus communis* es el resultado de hibridaciones naturales en las que han intervenido varias especies silvestres (*Prunus bucharica*, *Prunus ténzliana* y *Prunus kuramica*) que todavía existen en el centro y sudoeste de Asia (Vavilov 1930, Wilsie 1966, Grasselly y CrossaRaynaud 1980).

Todas ellas poseen almendras amargas, si bien se han encontrado algunos tipos con semillas dulces. La multiplicación por semilla tras cruzamientos espontáneos, dio lugar a nuevas formas todavía silvestres que, después de las etapas de cultivo en zonas más alejadas de su centro de origen, han permitido la expansión geográfica y diversificación biológica de la especie *Prunus communis*, sometida no sólo a la selección natural, sino también a la ejercida por los cultivadores. Este proceso, mantenido durante siglos, ha propiciado la aparición de diversas poblaciones geográficas o ecotipos que, pese a la multiplicación por semilla, conservan características comunes.

A mediados del siglo XIX, cuando se generaliza la práctica del injerto en los países mediterráneos y en California, se produce la estabilización del material vegetal, multiplicándose numerosas variedades locales. Muchas de ellas han llegado hasta nosotros y han constituido el material de partida para los diferentes programas de mejora sobre la especie, que se inician durante la segunda mitad del siglo XX en diversos países.

- **Fracción proteica.**

La fracción proteica de la almendra oscila entre 18.4 y 29.84% según la variedad (Casares y López Herrera 1952). Entre las proteínas predominan las globulinas, que suponen un 73.61 del contenido proteico total. Las albúminas representan el 21.13% del total, y en menor proporción se encuentran las glutelinas y prolaminas con el 3.63% y 1.57% respectivamente. Esta distribución presenta un gran interés para su uso por la industria alimentaria y farmacéutica, ya que al ser las fracciones de albúmina y globulinas solubles en agua, los procesos de extracción y purificación no exigen tecnologías complejas. El contenido de aminoácidos

libres en la almendra es muy bajo y sólo suponen el 1 % de los totales, siendo glutámico, aspártico (incluyendo glutamina y asparagina) y arginina los que se encuentran en mayor proporción (Saura y col. 1988, Serán y col 1998, Grané y col 1999).

#### **4.2.9.3. Leche de Almendra.**

El consumo de la leche de almendras aparece debido a la sustitución de leches de origen animal, por tendencias sociales, alimenticias y de salud. Esta leche es muy fácil de producir, en el caso de que no se consiga en el mercado.

Para producir la leche de almendras solamente se necesita de la semilla de almendro dulce y agua. Así, en la web se pueden encontrar muchas formas de hacerla; solamente se remojan las semillas en agua por un tiempo de entre cuatro horas a doce horas, se elimina esa agua del remojo y se colocan las almendras en la licuadora con un equivalente de agua según la cantidad de almendras.

En el mercado hay varias presentaciones de la leche de almendras, y en el país se encuentra en dos marcas importadas: Pacific y Silk Pure Almond, además de alternativas artesanales que se pueden adquirir en ferias verdes o supermercados vegetarianos, según la observación en distintos puntos de venta que se efectuó para la presente investigación.

No hay estudios publicados que hablen sobre datos estadísticos del consumo de la leche de almendras en el país, ni sobre el consumo de otros tipos de leches vegetales.

Gran parte de la población consume leche de almendras por sus características nutricionales, su contenido en calcio, potasio, hierro, sodio, vitaminas B1, B2, PP, C, A, D y E, fibra, antioxidantes, proteínas, entre otros componentes beneficiosos para la salud, según se muestra el estudio *Aceite de almendras dulces: extracción, caracterización y aplicación* de Hernández y Zacconi en el 2009 sobre el aceite de almendras dulces. (Sandra A. Hernández y Flavia C. M. Zacconi, 2009).

La leche de almendras es un sustituto de la leche de vaca que cumple con los requerimientos nutricionales necesarios que la leche vacuna dice abarcar en cuanto al su contenido en calcio; el calcio que se encuentra en la mayoría de los alimentos, en mayor o menor proporción, es un mineral esencial para el buen funcionamiento del cuerpo humano ,el cual, las personas que son intolerantes a la lactosa no pueden adquirir de la leche de vaca, así lo indicó mediante una entrevista el Fitoterapeuta Dr. Sánchez.(Sánchez, 2014).

De igual manera, un estudio sobre la leche de almendras y sus propiedades medicinales, el doctor Ángel Eduardo Olivera Sandoval, médico mexicano con especializaciones en homeopatía, acupuntura y especialista en obesidad y nutrición humana, muestra una tabla comparativa de los valores nutricionales de la leche de almendras versus la leche de vaca, en donde indica que la leche de almendras contiene menos calorías, más calcio, vitamina E, cero porcentaje de contenido de grasas saturadas y colesterol, y menor concentración de azúcares que la leche de vaca.

Para poder brindar las cantidades necesarias de calcio, la leche de almendras es un sustituto de la leche de vaca ideal por su alto contenido de este mineral, además de que las personas alérgicas o intolerante a la lactosa puedan consumirla, como se indican Hernández y Zacconi en el 2009 en el estudio sobre el aceite de almendras dulces. (Sandra A.Hernández y Flavia C. M. Zacconi, 2009).

**Tabla 1. Tabla nutricional leche almendras**

INFORMACION NUTRIMENTAL/ NUTRICIONAL			
Tamaño de porción: 1 taza (240 ml).			
Porciones por envase aprox. 4			
Cantidad por porción			
Calorías 35 (Kj) calorías de grasa 25 (110Kj)			
Colombia y Ecuador		México	
% valor diario		Cantidad por porción	
		Contenido energético 145Kj (35Kcal)	
<b>Grasa total 3gr del cual:</b>	<b>5%</b>	3 g	
Grasa saturada 0 gr		0 g	
Grasa trans 0 gr		0 g	
Grasa poliinsaturada 1.5 gr		1,5 g	
Grasa monoinsaturada 1,5 gr		1,5 g	
Colesterol 0 mg	0%	0 mg	
Sodio 140mg	6%	140 mg	
<b>Carbohidratos totales 1gr</b>	<b>0%</b>	1 g	
De los cuales:			
Fibra dietética/ dietaria 1gr	4%	1 g	
Azúcares 0 gr		0 g	
Proteína 1 gr	2%	0 g	
<b>Vitamina A 10%,vitamina C 0%</b>		<b>% VNR**</b>	
<b>Calcio30% Vitamina D 30%</b>		<b>Vitamina A 26%</b>	
<b>Hierro 0%</b>		<b>Vitamina D 53%</b>	
		<b>Calcio 33%</b>	

FUENTE: Información nutricional almond drink NATURES HEART®. 2014., TERRAFERTIL

### 4.3. ALIMENTOS FUNCIONALES.

Se entiende usualmente bajo esta denominación a cualquier alimento o ingrediente potencialmente saludable que pueda proveer beneficios a la salud más allá de los nutrientes tradicionales que contiene (ADA, 2004).

Diversas instituciones a nivel internacional han elaborado su propia definición sobre los alimentos funcionales, y existen aún controversias sobre

qué es y que no es un alimento funcional; el Consejo Internacional de Información de Alimentos (International Food Information Council (IFIC)) define a los alimentos funcionales como alimentos que aportan beneficios a la salud más allá de la nutrición básica (IFIC,1998), esta definición es similar a la del Instituto Internacional de Ciencias de la Vida (ILSI, por sus siglas en ingles), que define a los alimentos funcionales como aquellos que en virtud de sus componentes fisiológicamente activos, proporcionan beneficios para la salud más allá de la nutrición básica (ILSI, 1999). Health Canada define a los alimentos funcionales como “alimentos con apariencia similar a los convencionales, que consumidos como parte de una dieta habitual, han demostrado efectos fisiológicos, y/o reducen el riesgo de enfermedades crónicas más allá de la funciones nutricionales básicas” (Health Canadá, 1998). Por su parte el Instituto de Medicina y la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, define a los alimentos funcionales limitando los mismos a aquellos en que la concentración de uno o más ingredientes ha sido modificada para mejorar su contribución a una alimentación saludable (ADA, 2004).

Recientemente el ILSI Europa los define como aquel que logre demostrar satisfactoriamente que posee un efecto beneficioso sobre una o varias funciones específicas, más allá de las funciones nutricionales (Ashwell, 2004).

En Chile, el Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos de la Universidad de Chile (INTA), se refiere a los alimentos funcionales como “Aquellos alimentos que en forma natural o procesada, contienen componentes que ejercen efectos beneficiosos para la salud, que van más allá de la nutrición” (SERNAC, 2004). De acuerdo con estas definiciones, alimentos sin modificar integrales, como frutas y vegetales representan la forma más simple de un alimento funcional. Por ejemplo la zanahoria y los tomates deberían ser considerados alimentos funcionales por ser ricos en componentes fisiológicamente activos como el beta caroteno y el licopeno respectivamente.

En términos generales un alimento es considerado funcional cuando es capaz de producir un efecto beneficioso sobre una o más funciones específicas del organismo, más allá de los efectos nutricionales habituales de mejorar el estado de salud y/o de reducir el riesgo de enfermedad (Carmuega, 2009). En este trabajo se utilizará la definición propuesta por el Instituto de Medicina y la Academia Nacional de Ciencia de los Estados Unidos que define a los alimentos funcionales como “aquellos alimentos en que la concentración de uno o más ingredientes ha sido modificada para mejorar su contribución a una alimentación saludable (ADA, 2004).

#### **4.3.1. Sustitutos**

Cambiar el contenido de un producto puede tener un impacto significativo en las características sensoriales, ya que los atributos principales pueden ser afectados (apariencia, sabor, sensación bucal, y textura). La magnitud del impacto dependerá del tipo y estructura del producto, del alcance de la reducción, y de la precisión de las medidas tomadas para compensar los efectos de la reducción del componente en la reformulación o proceso de modificación. Además, la reducción de la grasa puede tener un efecto profundo en la estabilidad física de un producto. Uno de los roles importantes de los sustitutos emulsionantes, por lo tanto, es su habilidad para mantener la estabilidad física mientras que al mismo tiempo proveen calidad aceptable en términos sensoriales (Roller and Jones, 1996).

El comportamiento reológico, por lo tanto, necesita ser visto en el contexto de sus implicaciones para: manipulación y procesamiento; estabilidad física, química y microbiológica; y características sensoriales percibidas (Roller and Jones, 1996).

#### **4.4. Tendencias de alimentación vegetariana**

Avances en investigaciones en nutrición durante las últimas décadas han cambiado los pensamientos acerca de la contribución de las dietas vegetarianas en la salud y enfermedad en los seres humanos. Con la evolución de los conocimientos científicos, se fueron presentando tres modelos, basados en paradigmas diferentes, describiendo los riesgos y los

beneficios de las dietas vegetarianas y de las dietas basadas en alimentos de origen animal, y su relación con la salud de la población.

El principio básico del primer modelo es que una población que sigue una dieta vegetariana presenta alto riesgo de desarrollar enfermedades por deficiencias nutricionales. Este fue, y todavía es, el caso de países pobres donde un bajo consumo de carne es asociado a malnutrición energética-proteica.

El segundo modelo plantea que, para disminuir el riesgo de las deficiencias nutricionales, estas dietas excluyentes de carne incorporaran porciones generosas de otros productos animales como huevos, leche y productos lácteos.

Avances científicos recientes parecen haber concluido en un cambio de paradigma:

Dietas vegetarianas bien equilibradas, son vistas más como para mejorar la salud que como causantes de enfermedad. Las mismas pueden incluso prevenir las deficiencias de nutrientes, como también las enfermedades crónicas y, en algunos casos pueden aumentar la longevidad; pero cuando son restrictivas o desbalanceadas pueden producir malnutrición. Este sería el tercer modelo. Sin embargo, más conocimientos científicos son necesarios para concluir la relación entre dietas vegetarianas y la nutrición humana.

La adhesión a las dietas vegetarianas obedece a varias causas: intereses filosóficos, fundamentos religiosos, situación socioeconómica y búsqueda de un estilo de vida más saludable.

Datos epidemiológicos, particularmente de los estudios realizados en los Adventistas del Séptimo Día, indican menores tasas de diabetes tipo II, cáncer de mama y colon y enfermedades cardiovasculares; pero aún los datos no son suficientes para probar que una dieta omnívora (\*), bien planificada y combinada con un estilo de vida saludable, no sea igualmente benéfica.

En general, algunos aspectos de la dieta vegetarianas concuerdan con las nuevas pautas alimentarias, donde se hace hincapié en el menor consumo de grasas saturadas y colesterol, así como un mayor aporte de fibra dietética. *Esteves Jorge Valentín, Salas Hernan. Guía para una Nutrición Evolutiva Segunda Edición. Buenos Aires. 1998. 27-28.*

#### 4.4.1. Tipos de vegetarianos

##### 4.4.1.1. Vegetarianos tradicionales:

- **Vegetarianos totales, estrictos o vegans:** no consumen ningún producto de origen animal. Realizan una dieta vegetariana pura, siendo ésta la más limitada en cuanto a su aporte nutricional. Sólo consumen granos, semillas, legumbres, hortalizas, frutas frescas y secas.
- **Semivegetarianos:** excluyen el consumo de algunos productos de origen animal, especialmente las carnes rojas. También se los llama vegetarianos parciales o moderados; dentro de este grupo se encuentran:
  - **Lactovegetarianos:** no consumen carne, pescado, aves ni huevos, pero incluyen leche, quesos y otros productos lácteos.
  - **Ovovegetarianos:** no consumen ningún tipo de carne ni productos lácteos, pero incluyen huevos.
  - **Ovolactovegetarianos:** no consumen ningún tipo de carne pero incluyen huevos y productos lácteos.
  - **Pescovegetarianos:** de los alimentos de origen animal sólo consumen pescado y alimentos marinos.
  - **Pollovegetarianos:** de los alimentos de origen animal sólo consumen pollo.

#### **4.4.1.2. Nuevos vegetarianos:**

Han surgido en las últimas décadas y realizan a veces dietas atípicas. Corresponden a variedades modificadas del vegetarianismo tradicional. Generalmente son grupos con creencias religiosas y filosóficas.

#### **4.4.1.3. Otros vegetarianos:**

- **Frugívoros:** consumen exclusivamente frutas, con etapas de monodietas con un solo tipo de fruta.
- **Consumidores de alimentos crudos:** consumen frutas y todo tipo de vegetales crudos, aceptando también el consumo de granos blandos, ablandados por remojo o por fermentación láctica, sin cocción.
- **Consumidores de alimentos naturales:** consumen alimentos orgánicos y eliminan de su dieta todos aquellos que sean procesados.

#### **4.5. Vida útil.**

La vida útil o vida de almacén de un alimento se define como el tiempo que transcurre hasta que el producto se convierte en inaceptable. En muchos casos la vida útil es el periodo de tiempo durante el cual el producto permanece en buenas condiciones de venta. Es un juicio que debe llevar a cabo el fabricante o el vendedor del producto. El fabricante debe definir la calidad mínima aceptable del producto, la cual dependerá del grado de degradación que el fabricante permita en el producto antes de que decida no venderlo (5 POTTER. N., HOTCHKISS. J., Ciencia de los alimentos. Zaragoza: Acribia. 1995. 127 p).

Así pues para cada alimento particular hay un periodo de tiempo determinado, después de su producción, durante el cual mantienen el nivel requerido de sus cualidades organolépticas y de seguridad, bajo determinadas condiciones de conservación. La duración de la vida útil de un alimento dado depende de un número de factores, como método de procesado, de envasado, y condiciones de almacenamiento.

#### **4.5.1. Factores que intervienen en la alteración de los alimentos.**

Las causas de deterioro de los alimentos, se encuentran influenciadas por una serie de factores ambientales como lo son la temperatura, la humedad, las reacciones con el oxígeno, la luz y el tiempo; este último influencia la magnitud de degradación del producto pues “una vez sobrepasado el periodo transitorio en el cual la calidad del alimento está al máximo, cuanto mayor sea el tiempo transcurrido mayores serán las influencias destructoras” (VANCLOCHA. A., REQUENA. J., Procesos de conservación de alimentos. Madrid: Mundi Prensa, 1999. 38p).

#### **4.5.2. Generalidades de la predicción de vida útil acelerada.**

La vida útil o estabilidad durante el almacenamiento, se determina bajo condiciones de manejo y almacenamiento, que simulan las que el producto experimentará durante su manipulación y distribución. Ya que las pruebas de estabilidad durante el almacenamiento pueden requerir un año o más para que sean significativas, es frecuente diseñar experiencias que aceleren dichas condiciones, lo que se consigue incrementando la temperatura, humedad y otras variables con lo que se modifica la calidad del alimento en un tiempo más cortó.

Los test de vida útil acelerada son útiles en el diseño y desarrollo de un nuevo producto o en la modificación de uno ya existente, puesto que permiten determinar la caducidad del mismo sin necesidad de esperar a que transcurra el tiempo necesario.

Estos estudios implican el uso de altas temperaturas en las experiencias para conocer las pérdidas de calidad del alimento, y la extrapolación de los resultados a las condiciones normales de almacenamiento (VANCLOCHA. A., REQUENA. J., *Ibíd.* Pág. 20), utilizando ecuaciones como la de variación de la velocidad de reacción cada 10C: Q<sub>10</sub>. Con esta ecuación se puede conocer el comportamiento del producto a diferentes temperaturas y de esta manera estimar su tiempo de vida útil.

$$Q_{10} = \frac{t_1 * (T_e)}{t_2 * (T_e + 10^\circ C)}$$

**Ecuación 2:** Factor de Aceleración

**t1= tiempo de vida útil real (se determina por normativa)**

**t2= tiempo de vida útil teórico**

**Te = temperatura de estudio**

Despejando la ecuación para determinar el tiempo de vida útil teórico

$$t_2 = \frac{t_1}{Q_{10} \Delta T / 10}$$

**Ecuación 3:** Tiempo de vida útil teórico

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1. MATERIALES

#### 5.1.1. INGREDIENTES

Los ingredientes utilizados tienen las siguientes características detalladas a continuación:

##### 5.1.1.1. Aceite comercial de soya (marca Aro).

- **Calidad.**

Cumplir con la NTC 254

- **Generalidades.**

Corresponde a aceite comestible, es decir aquel aceite apto para consumo humano, sin ningún sabor u olor, el cual debe ser refinado, descerado, blanqueado y desorizado.

- Aceite extraído de las semillas de soya
- Debe corresponder a aceite puro de soya
- El contenido de ácidos grasos libres debe ser máximo del 0.2%

- **Requisitos generales.**

- El aceite se debe observar con consistencia líquida, color amarillo claro y fresco. Aspecto limpio a 25°C, tener sabor y olor característico. Libre de rancidez, de materiales extraños, de sustancias empleadas en su extracción y refinación. (*Ficha técnica: aceite vegetal puro de soya República de Colombia Ministerio de la Protección Social Instituto Colombiano de Bienestar Familiar Cecilia de la Fuente de Lleras Oficina Asesora Jurídica.- 2010*)

Leche de almendra.

Elaborada artesanalmente a partir de almendra en escama, llevándola a unas características similares a la comercial.

#### **5.1.1.2. Iota carragenina DCM 5298, marca Tecnas.**

- **Descripción.**

Es una Carragenina estandarizada. Con muy alta reactividad en leche.

- **Datos Físico-Químicos.**

Aspecto: polvo blanco crema sin olor

Tamaño de partícula: 95% < 210 Micrones U.S Stand. No.70 pH (1.5 %, 50°C): 7.0 – 10.0

Solubilidad: Dispersable en leche fría, soluble en leche caliente.

Fuerza de gel en leche (0,5%, 20°C): 100 – 150 g/cm<sup>2</sup>

Índice decantación de cacao: 250 – 300 ppm Sulfato (como SO<sub>4</sub>): 15 – 40 %

- **Dosis**

Se recomienda utilizar dosis entre 0.015 y 0.025 % en peso del producto final.

- **Composición**

Carragenina estandarizada Iota.

#### **5.1.1.3. Vinagre de vino blanco comercial (marca Fruco).**

- **Descripción.**

Es el vinagre de mayor concentración y rendimiento del mercado, Producto 100% natural con sabor único.

- **Preparación**

Producto listo para utilizar

- **Ingredientes**

Agua, vinagre, conservante (metabisulfito de potasio, contiene sulfito).

- **Rendimiento**

153 porciones de 20 ml.

- **Tips**

Se usa como aderezo para ensaladas.

Utilizado en la elaboración de salsas como vinagreta, chimichurri o mayonesa.

Ideal para la elaboración de encurtidos (en vinagre y agridulces).

Para preparar marinadas de cerdo, pollo, res y cordero.

Se le pueden dar otros usos tales como: limpiar máquinas de diálisis, limpiar vidrios, desinfectar y como anticoagulante.

- **Beneficios**

Alto rendimiento.

Ingredientes seleccionados y de la mejor calidad.

Producto seguro y de calidad estándar.

Contiene 4.2° de ácido acético, el más alto del mercado, dando más concentración y rendimiento comparado con las demás marcas. Producto estándar y uniforme siempre. Sistema abre-fácil con canal dosificador. Empaque práctico y de fácil manipulación (UFS, 2013).

#### 5.1.1.4. **Ácido cítrico (E330) comercial, marca Induquímica del Norte.**

- **Identificación del producto.**

Ácido Cítrico.

- **Presentación.**

Fraccionado en bolsas de polietileno x 1Kg.

- **Formula química.**  
(HOOCCH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>C (OH) COOH.
  
- **Uso del producto.**
  - Se utiliza como saborizante y regulador de pH en bebidas.
  - Acidulante y regulador de pH en dulces, conservas y caramelos.
  - Previene la oxidación de verduras procesadas, en combinación con ácido ascórbico.
  - En alimentos congelados detiene el proceso de deterioro del sabor y el color y ayuda a la acción de antioxidantes.
  - Previene la oxidación enzimática de frutas y hortalizas enlatadas, resalta su sabor y disminuye el pH.
  - Previene la oxidación de aceites y grasas.
  - Resalta sabores y se usa como acidulante en confitería y repostería.
  - Emulsifica y texturiza quesos pasteurizados y procesados cuando se utiliza en forma de sal.
  - Disminuye el pH en productos de pesca en presencia de otros antioxidantes o conservantes.
  - Modifica la textura de la carne.

(Oxidial SRL Rosales 8240 - Mar del Plata MSDS -005 – 2008)

#### 5.1.1.5. **Sal de mesa comercial, marca Refisal.**

- **Calidad.**  
Debe cumplir la NTC-1254. Sal para consumo humano y el Decreto 547 de 1996
  
- **Generalidades.**  
Producto final refinado constituido predominantemente por NaCl, obtenido a partir de sal gema, clasificado como alimento y al que

se le ha adicionado yodo y flúor en forma de sales solubles y un deshidratante o anticompactante, en las cantidades establecidas por la legislación nacional vigente.

- **Requisitos generales.**

- Debe presentarse en forma de cristales blancos, inodoros, solubles en agua y con sabor salino característicos.
- No se permite la sal marina
- No debe presentar cuerpos extraños al hacerle un análisis microscópico, tales como pelos, vidrio, trozos de metal, residuos de vegetales u otros.

*(ficha técnica: aceite vegetal puro de soya República de Colombia Ministerio de la Protección Social Instituto Colombiano de Bienestar Familiar Cecilia de la Fuente de Lleras Oficina Asesora Jurídica.- 2010).*

#### **5.1.1.6. Azúcar granulada comercial, marca INCAUCA.**

- **Generalidades.**

El azúcar es un endulzante de origen natural, sólido, cristalizado, constituido esencialmente por cristales sueltos obtenidos a partir de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) L) mediante procedimientos industriales apropiados.

La caña de azúcar contiene entre 9 y 13% de sacarosa. El jugo obtenido de la molienda de la caña se concentra y cristaliza al evaporarse el agua por calentamiento. Los cristales formados son el azúcar crudo o, de ser lavados, azúcar estándar industrial. El azúcar estándar industrial se obtiene mediante proceso similar al utilizado para producir azúcar crudo y estándar, optimizando las etapas de clarificación y centrifugación.

- **Composición.**

El azúcar es sacarosa, un carbohidrato de origen natural compuesto por carbono, oxígeno e hidrógeno (carbo-hidrato). Los azúcares estándar industrial son alimentos muy puros con más del 99% de sacarosa. Los azúcares crudos poseen un contenido algo menor de sacarosa (>94%) pues conservan aún parte de la miel a partir de la cual fueron fabricados.

- **Sacarosa.**

La sacarosa es la forma básica de la energía en el reino vegetal. Las plantas convierten el agua y el dióxido de carbono (que es un contaminante del aire) en sacarosa, utilizando la energía del sol en el proceso de fotosíntesis. La sacarosa de la caña de azúcar es un disacárido natural formado por el enlace bioquímico de los monosacáridos glucosa (azúcar de uvas o dextrosa) y fructosa (azúcar de frutas o levulosa).

- **Aplicación**

El Azúcar Estándar Industrial es utilizado como ingredientes en la elaboración de diversos alimentos de consumo humano.  
(Comercializadora ALCAN C, S.A).

#### **5.1.1.7. Mostaza amarilla en polvo.**

#### **5.1.1.8. Extractos puros de leche**

Leche de almendra, donadas por la empresa procesadora de alimentos vegetarianos Vegeta food.

#### **5.1.1.9. Goma Guar marca al 1% de la cantidad de leches agregada.**

- **Descripción.**

La goma guar es una goma de alta pureza y de granulometría áspera.

La goma guar se utiliza primariamente para espesar soluciones acuosas y para controlar la movilidad de materiales dispersos o solubilizados.

- Peso Molecular: 250,000 g/mol
- Formula Molecular: C<sub>17</sub>H<sub>17</sub>ClO<sub>6</sub>

- **Áreas de aplicación.**

- Lácteos, panificación, repostería, bebidas, aderezos y salsas.
- Alimentos para mascotas
- Productos farmacéuticos
- Cosméticos
- Textiles
- Papel

- **Beneficios.**

Actúa como agente espesante y estabilizante.

- **Dosis**

Min. 0.1- máx. 0.2 y/o según el producto a elaborar y su formulación.

- **Composición**

Goma guar.

- **Especificaciones físico-químicas**

- Forma: Polvo
- Color: Blanco

- pH: 6.00 - 7.00
- Solubilidad (agua): soluble
- Solubilidad (Otros): no muy fácilmente soluble.
- Densidad: 0.8 – 1.0 g/mL a 25°C (Lt)
- pKa: 5 – 7 lt

*Cimpa ® insumos tecnológicos para la industria alimentaria CI – 260 / 012 ficha técnica goma guar*

#### **5.1.1.10. Empaque.**

El producto debe ser envasado en recipientes de vidrio de las siguientes especificaciones:

- Envase en vidrio circular de 109 mm X 61 mm de diámetro con tapa rosca plástica.

Todos los empaques deben ofrecer cierre hermético, que proporcione al producto una adecuada protección durante el transporte y almacenamiento. (BMC LMFT –131 -15/07/2009).

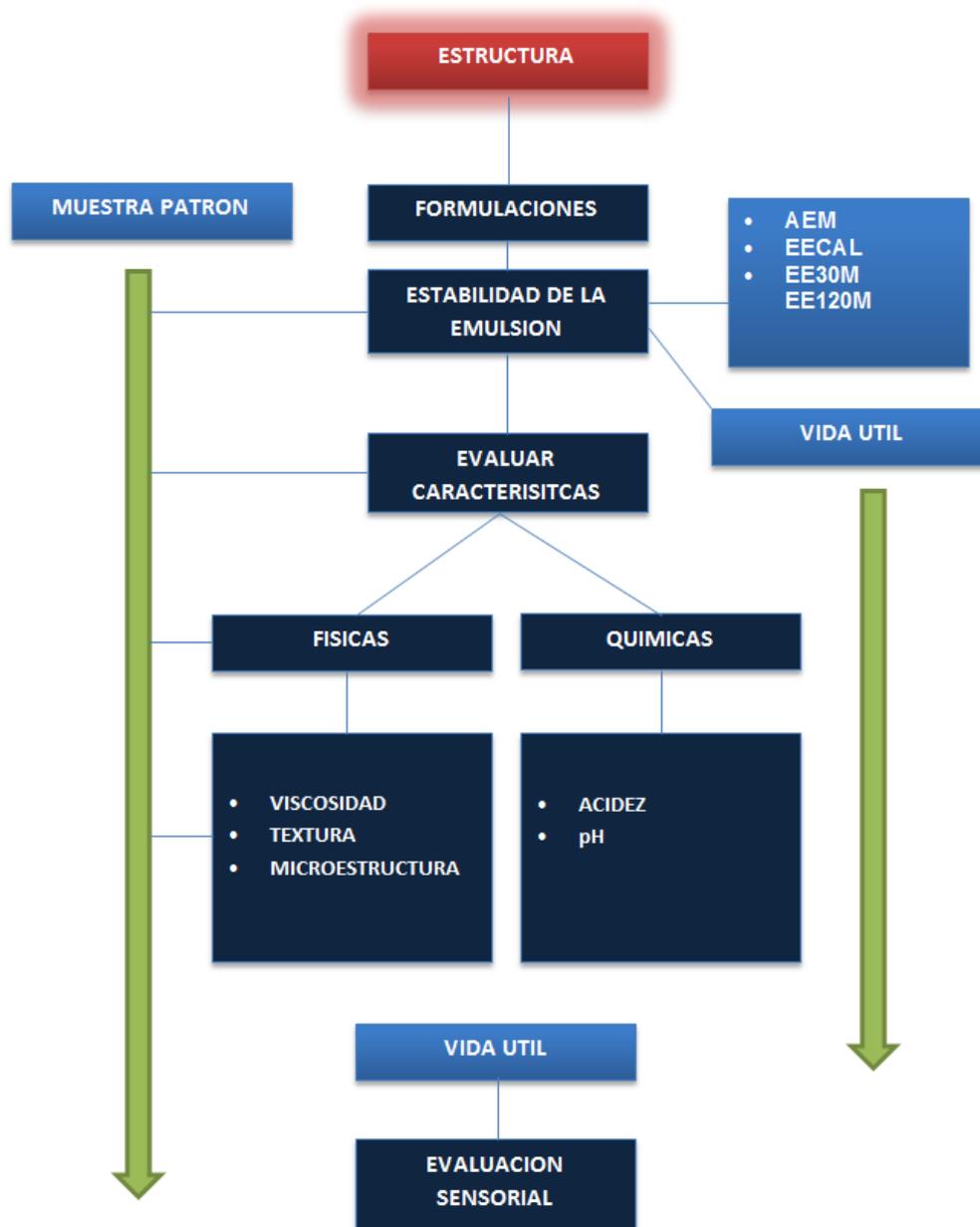
#### **5.1.2. EQUIPOS**

- Para los análisis reológicos se utilizara un viscosímetro rotacional marca Brookfield, modelo DV-E viscosímetro rotacional bajo-medio-alto rango digital, equipado con 4 usillos, dos cilíndricos y dos tipo disco. Para las pruebas se utiliza el usillo n°64 cilíndrico.
- Para los análisis de textura se utiliza la máquina universal de ensayos de materiales (texturometro) Lloyd TA Plus NEXYGEN PLUS, equipada con una celda de 500 N, Se eligió un pistón macizo de superficie lisa con un diámetro de 35 mm. Estos datos se monitorearon con un computador y un software de uso con la máquina NEXYGEN PLUS. A.
- Las mayonesas se prepararan con una batidora de inmersión, marca Oster modelo 2612

- Para los ensayos de estabilidad se utiliza una centrífuga, marca BD Dyna c III Multi-Purpose Centrifuge, con capacidad para 25 tubos.
- Para la microscopía óptica se utilizó un Microscopio Marca Scientific Led.

## 5.2. MÉTODOS

**Imagen1.** Metodología estructural de procedimientos.



## **5.2.1. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS.**

### **5.2.1.1. Leche de almendras.**

Se realizara la formulación correspondiente a la preparación de la leche de almendra, para así darle continuidad a los demás análisis en la emulsión tipo mayonesa, siendo la leche de almendra una de las principales variables al momento de estabilizar la emulsión.

Partiendo del fruto seco y agua para realizar la leche, la cual tendremos que: Por cada 223.40ml de agua se adicionaran 26.5gr de fruto de almendra. Esta relación está dada para la obtención de 250 ml de leche, cuya proteína es de un 1% en base final de leche.

La base anterior está enmarcada para la obtención del 7% de base almendra en 100ml de agua.

### **5.2.1.2. Iota carragenina.**

La carragenina Iota provoca geles suaves, que entregan una textura elástica, lo que permite una excelente untabilidad, tanto en productos emulsionados y/o de bajos contenidos grasos. Entre las algas carragenofitas, las del género Gigartina crecen en aguas frías, principalmente en las costas del sur de Chile y producen carrageninas Kappa II, Iota, Lambda y mezclas naturales de ellas. De las cálidas aguas de Asia se obtienen carrageninas de tipo Kappa I e Iota, a partir de algas de los géneros Kappaphycus y Eucheuma, (GELYMAR, 2000).

Es muy importante que las proteínas de la leche estén lo menos desnaturalizadas posible para maximizar la reactividad de la carragenina con la proteína. Debido a la alta reactividad de la carragenina en sistemas lácteos, se necesitan solo cantidades de 120 ppm para estabilizar cacao en leche chocolatada y un 0,2% para obtener un gel firme en leche, mientras que se requiere entre un 1,0 y 1,5% de la misma carragenina para formar un gel en agua. En cambio, la gelatina para formar un gel de propiedades similares a la carragenina, necesita de una dosis de un 4,0 a un 5,0% de concentración (SALLING, 1988).

Se partirá de un 1%, 1,5% y 2% de lota carragenina en las formulaciones correspondientes a la emulsión tipo mayonesa.

#### **5.2.4. Estabilidad de la emulsión**

Las muestras de mayonesa son preparadas según el procedimiento regular para este tipo de emulsión.

Primero se prepara la fase acuosa, para esto se procede a la mezcla de vinagre, ácido cítrico y polvos (sal, azúcar, mostaza y pimienta) junto con la mezcla de leche, correspondiente, en la proporción dada además, a esta mezcla se le agrega goma guar, en la cantidad de un 1% referido a la leche, esta goma es utilizada como un coloide protector a bajos pH (Roller and Jones, 1996), estos elementos se juntan en el equipo especial para mayonesa y se agrega la lota carragenina agitando por 15 segundos, luego se vierte el aceite lentamente sin dejar de agitar hasta que la emulsión se halla formado, aproximadamente 2 minutos. Posteriormente la mayonesa así preparada, es envasada en frascos de vidrio, y almacenada a temperatura de refrigeración (4°C) por 24h para los análisis reológicos, texturales, sensoriales, microestructurales y de estabilidad.

Las diferentes formulaciones serán comparadas en todas sus características con una muestra patrón, que corresponde a la mayonesa comercial Kraft.

#### **5.2.5. Actividad Emulsificante (AEM).**

La actividad emulsificante (AEM) será determinada según el método de Yasumatsu et al., (1972)

Adaptado: muestras de la emulsión (7 g) serán diluidas en 100 mL de agua destilada y los valores de pH se ajustaran entre 2,0 y 9,0 (utilizándose soluciones de HCl 1,0 N y NaOH 1,0 N).

Estas soluciones proteicas son agitadas durante 10 segundos, utilizándose un *mixer* manual de la marca Oster a 15.000 rpm, y posteriormente, adicionadas de 100 mL de aceite de soya comercial y

emulsificadas durante 120 segundos. Las emulsiones son centrifugadas a 2000 rpm por 10 minutos. La actividad emulsificante se calculada a través de la Ecuación:

$$AEM = \frac{\text{Volumen final de la emulsion}}{\text{Volumen inicial de la emulsion}} \times 100$$

**Ecuación 4.** Actividad emulsificante.

#### **5.2.6. Estabilidad de la Emisión en relación a la temperatura (EECAL)**

La estabilidad de la emulsión fue determinada de acuerdo con el método de Yasumatsu et a., (1972) adaptado como sigue: las emulsiones son calentadas a 80°C por 30 minutos, enfriadas durante 15 minutos en agua corriente y centrifugadas a 2000 rpm por 10 minutos. La estabilidad de la emulsión fue calculada a través de la ecuación:

$$EECAL = \frac{\text{Volumen final de la emulsion}}{\text{Volumen inicial de la emulsion}} \times 100$$

**Ecuación 5.** EECAL.

#### **5.2.7. Estabilidad de la emulsión en relación con el tiempo (EE30M y EE120M)**

La estabilidad de las emulsiones fue evaluada después de 30 y 120 minutos de reposo, los resultados fueron expresados con las siglas EEM30M y EEM120M, respectivamente. La estabilidad de la emulsión fue calculada de la siguiente forma:

$$EEM = \frac{\text{Volumen de la emulsion despues de 30 y 120 min}}{\text{Volumen de la emulsion inicial}} \times 100$$

**Ecuación 6.** EE30M y EE120M

Con estos métodos se podrá caracterizar la emulsión con las diferentes

formulaciones; y obtener las características adecuadas de una emulsión en relación a la muestra patrón.

#### **5.2.8. Acidez**

Se le determinara acidez por el método volumétrico, titulación con hidróxido

de sodio 0.1N (Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC). Manual de métodos fisicoquímicos para el control de calidad. Santafé de Bogotá, Colombia: ICONTEC; 1993).

##### **5.2.8.1. Determinación de acidez**

Pesar de 1 a 1,4 gramos de la muestra en un Erlenmeyer de 250 ml, disolver en 5 ml de alcohol etílico, más 5 ml de éter etílico. Valorar agitando continuamente, con disolvente de potasio hidróxido al 0,1N solución etanolica, hasta viraje del indicador a color rosa.

Efectuar un ensayo en blanco con una mezcla de éter y alcohol.

#### **5.2.9. ANÁLISIS REOLÓGICOS: VISCOSIDAD**

Los análisis reológicos se llevaran a cabo utilizando un viscosímetro digital Brookfield modelo DV-E viscosímetro rotacional bajo-medio-alto rango digital, equipado con 4 usillos, dos cilíndricos y dos tipos disco.

##### **5.2.9.1. Ensayos preliminares**

Para determinar qué tipo de usillo utilizar se realiza un ensayo preliminar, en donde se mide la viscosidad de una muestra de mayonesa, a 20 °C, y a una velocidad de rotación de 100 rpm (velocidad máxima de medición).

Se miden los tipos de usillos hasta que este esté dentro de las condiciones establecidas a mayor viscosidad mayor es número del usillo utilizado.

##### **5.2.9.2. Análisis reológicos**

Para los análisis reológicos se consta de un baño termorregulador para controlar las temperaturas de las muestras.

Las condiciones de trabajo fueron las siguientes:

- La temperatura de las muestras será de 20°C ± 0,1
- Todas las mediciones se realizarán con el usillo correspondiente.
- Cada medición se realiza para 130g de muestra, se inserta el usillo en la muestra hasta la marca del eje de éste y se deja descansar por 10 minutos antes de comenzar con la medición.
- Cada medición se realiza por triplicado.

Se llevarán a cabo dos tipos de mediciones estacionarias, primero se realiza un estudio del esfuerzo de cizalla versus el tiempo de cizallamiento, para esto se deja correr el viscosímetro a una velocidad de 1 rpm y se registran los valores de viscosidad (mPa\*s) y de porcentaje de torque arrojados por el equipo cada 10 segundos, hasta la estabilización de la viscosidad. El segundo ensayo consiste en la realización de una curva tixotrópica, es decir, la evaluación del esfuerzo de cizalla versus la velocidad de cizalla, para esto se aumenta progresivamente la velocidad de 0 a 100 rpm, luego se mantiene ésta última velocidad por 1 minuto y posteriormente se disminuye de 100 a 0 rpm, registrando los valores de viscosidad y % de torque cada 1 minuto.

### **5.2.9.3. Procesamiento de datos:**

Para obtener los parámetros reológicos de esfuerzo y velocidad de cizalla, se procesan los datos entregados por el viscosímetro (viscosidad y % de torque) según el método desarrollado por Mitschka, y extendido por Briggs y Steffe (1997).

El primer paso es determinar el índice de comportamiento de flujo ( $n$ ) según la siguiente ecuación:

$$M = (\text{constante}) * N^n \quad \text{Ecuación 7}$$

Que al linealizarla se tiene:

$$\ln M = \ln (\text{constante}) + n \ln (N) \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde N son las revoluciones por minuto y M es el % de torque entregado por el equipo. El “porcentaje de torque” es el porcentaje del torque máximo registrado durante el test a una velocidad constante.

El esfuerzo de cizalla promedio es calculado como sigue:

$$\sigma_a = k_\sigma (C) \% \text{ de torque} \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde  $k_\sigma$  es el factor de conversión dependiente del número de spindle utilizado, y (C) es una constante adimensional que depende de la capacidad de torque total del instrumento.

La velocidad de cizalla promedio es calculada como sigue:

$$Y_a = k_y (N) \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde  $k_y$ , el factor de conversión de la velocidad de cizalla, depende del valor numérico del índice de comportamiento de flujo:

$$k_y = 0,263 * (1/n)^{0,771} \quad \text{Ecuación 11}$$

Luego de obtener los datos de  $\sigma$  y Y, se realizan las curvas de esfuerzo versus tiempo y esfuerzo versus velocidad de cizalla. Para la determinación de los parámetros  $G'$  y  $G''$  se procedió según el método realizado por Papageorge et al., (2010). Donde calculan la pendiente ( $G^*$ ) y el ángulo de inclinación ( $\theta$ ) de la región lineal de la curva de  $\sigma$  versus Y. Luego  $G'$  y  $G''$  se calculan de la siguiente manera:

$$G' = G^* * \cos \theta \quad \text{Ecuación 12}$$

$$G'' = G^* * \sen \theta \quad \text{Ecuación 13}$$

### 5.2.10. MODELACIÓN REOLÓGICA DE LAS MAYONESAS

Con el objeto de realizar una mejor comparación entre las muestras, se requiere ajustar los datos experimentales al modelo o ecuación matemática más representativa. El modelo se utilizará para predecir la viscosidad del fluido como función del esfuerzo de cizalla o velocidad de cizalla. Existen varios modelos para ajustar la curva de flujo de mayonesas, entre estos se encuentra el modelo de Herschel-Bulkley, este incorpora elementos del modelo exponencial y de la ecuación de Bingham. Varios autores han utilizado con éxito esta ecuación para modelar el comportamiento reológico de mayonesas, (Guilmineau y Kulozik, 2007; Izidoro et al., 2007; Liu et al., 2006; Mun et al., 2009). En este estudio se utilizará la ecuación de Herschel-Bulkley para comparar las distintas muestras de mayonesa, la ecuación es la siguiente:

$$\sigma = \sigma_0 K * y^n \quad \text{Ecuación 14}$$

Donde  $\sigma$  es el esfuerzo de cizalla (Pa),  $\sigma_0$  es el esfuerzo umbral (Pa),  $y$  la velocidad de cizalla (s<sup>-1</sup>),  $K$  el índice de consistencia (Pa sn) y  $n$  el índice de flujo adimensional.

De los datos de esfuerzo y velocidad de cizalla, obtenidos en el análisis reológico descrito anteriormente, se puede obtener el valor de umbral de fluencia ( $\sigma_0$ ) cuando la velocidad de cizalla es igual a 0.

Luego, se resta el umbral de fluencia a los datos de esfuerzo de cizalla, obteniendo una nueva ecuación:

$$\sigma_r = K * y^n \quad \text{Ecuación 15}$$

Donde  $\sigma_r$  corresponde a ( $\sigma - \sigma_0$ ). Por último, para obtener los valores de  $K$  y  $n$ , se linealiza la ecuación anterior de la siguiente manera:

$$\ln(\sigma_r) = \ln(K) + n * \ln(y) \quad \text{Ecuación 16}$$

## **5.2.11. pH.**

### **6.2.11.1. Determinación de pH**

(Según lo descrito por la Norma AOAC, 1990). El pH parámetro establecido para conocer el grado de alcalinidad o base de una muestra o solución estructurada bajo una escala de 0 a 7 para ácidos y de 7 a 14 para bases. Este parámetro se determinó con una mezcla en relación 1:1 de agua destilada y materia prima se llevó a un vaso precipitado de 100ml, para tal fin se introdujo el electrodo del pH-metro SCHOTT (modelo CG840B) directamente en el vaso precipitado y se registró la lectura del dato al estar estable. La medida se realizó según lo descrito por la Norma AOAC (1990).

## **5.2.12. ANÁLISIS DE TEXTURA**

Los análisis de textura se llevaran a cabo en la máquina universal de ensayo de materiales (texturometro) Lloyd TA Plus NEXYGEN PLUS (mediante la prueba de retroextrusión.

### **5.2.12.1. Funcionamiento mecánico del equipo durante la prueba de retroextrusión.**

La máquina para ensayo de materiales posee un cabezal móvil en el cual se conecta la celda a utilizar y el pistón correspondiente. También posee una base fija sobre la que se ubica la muestra a ensayar durante la prueba de retroextrusión. En este tipo de prueba, el cabezal se desplaza hacia abajo, lugar donde se encuentra la muestra, a velocidad constante. La velocidad de descenso del pistón es ajustada de acuerdo a los requerimientos de la prueba y la longitud (deformación) de penetración es fijada con los controles correspondientes (Silva, 1996).

La máquina registra la fuerza que opone el fluido al paso del pistón versus la deformación correspondiente a esa fuerza. Alcanzada la deformación establecida, el pistón se detiene y vuelve con la misma velocidad constante a su lugar de inicio (Silva, 1996).

### **5.2.12.2. PRUEBA DE RETROEXTRUSIÓN**

Para las pruebas de retroextrusión se utiliza la máquina de ensayo de materiales (texturometro) con una celda de carga de 500N y un pistón macizo de 35mm de diámetro de compresión.

Se colocan las muestras, a 20°C, en contenedores cilíndricos de vidrio, (de 50 mm de diámetro interno y 75 mm de altura), hasta una altura de 50 mm, dejando la superficie pareja y sin burbujas de aire en el interior. Se coloca el vaso con muestra bajo el pistón que sujeta la celda (equidistante del eje) y se aplica un ciclo a una velocidad constante de 1 mm/s, hasta una profundidad de 40 mm de penetración, con el posterior retorno del pistón a su lugar de partida a la misma velocidad de penetración.

De la curva resultante de fuerza versus tiempo, se obtienen los valores de firmeza, consistencia, cohesividad y viscosidad. La fuerza máxima (o el “*peak*”) registrada durante la penetración del pistón es considerada como una medida de la firmeza de la muestra, y el área bajo la curva de este punto es tomada como una medida de la consistencia. La región negativa del gráfico, producida por el retorno del pistón, es el resultado del peso de la muestra que es levantado principalmente por la parte superior del pistón en el retorno, y es una indicación de la resistencia al flujo del pistón. La máxima fuerza negativa es tomada como una indicación de la cohesividad de la muestra, y el área de esta región negativa de la curva es referida como el trabajo de adhesión o viscosidad de la muestra (Liu *et al.*, 2007).

### **5.2.13. EVALUACIÓN SENSORIAL**

La evaluación sensorial se llevara a cabo con un panel entrenado de 8 jueces. Para la evaluación, las muestras serán preparadas y luego almacenadas a temperatura de refrigeración por 24 horas. Dos horas previas al análisis se retiraran las muestras del refrigerador y se llevan a temperatura ambiente (20°C) al igual que en los análisis reológicos.

Se realizara un perfil descriptivo, con una escala lineal no estructurada de 10 cm de longitud; la evaluación procedió según el método utilizado

por Scarontern et al., (2001) primero sin probar la muestra, después con manipulación y luego en la boca después de la ingestión. Los descriptores utilizados en la primera parte de la evaluación serán intensidad del color amarillo e intensidad del olor característico de la mayonesa. En la siguiente parte de la evaluación las muestras serán manipuladas con una cuchara de té; una cucharada de muestra es tomada desde su envase y se observa la resistencia contra la manipulación (viscosidad), y luego se vació el contenido de la cuchara en una línea horizontal de un plato observando el grado de deformación (consistencia); enseguida se realiza la prueba de escurrimiento, en donde se inclina el plato que contenía las muestras colocadas una al lado de otra, en un ángulo de 90 grados y se toma el tiempo, en segundos, en que las muestras demoran en llegar a la línea inferior del plato. Finalmente se procede a probar las muestras y se evalúa la cremosidad y la suavidad, para terminar con la aceptabilidad general del sabor.

#### **5.2.14. ANÁLISIS DE MICROESTRUCTURA**

La microestructura de las muestras de mayonesa se observara utilizando un microscopio óptico Marca Scientific Led. Se coloca una gota de mayonesa en un portaobjeto y se cubre con un cubreobjetos, las muestras son observadas con un aumento de 40x. Las microfotografías se tomaran con una cámara digital con un aumento de 4x, para esto la cámara se coloca en el ocular del microscopio. El aumento final es de 160x, correspondiente al producto de ambos aumentos (Mun et al., 2009).

#### **5.2.15. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS**

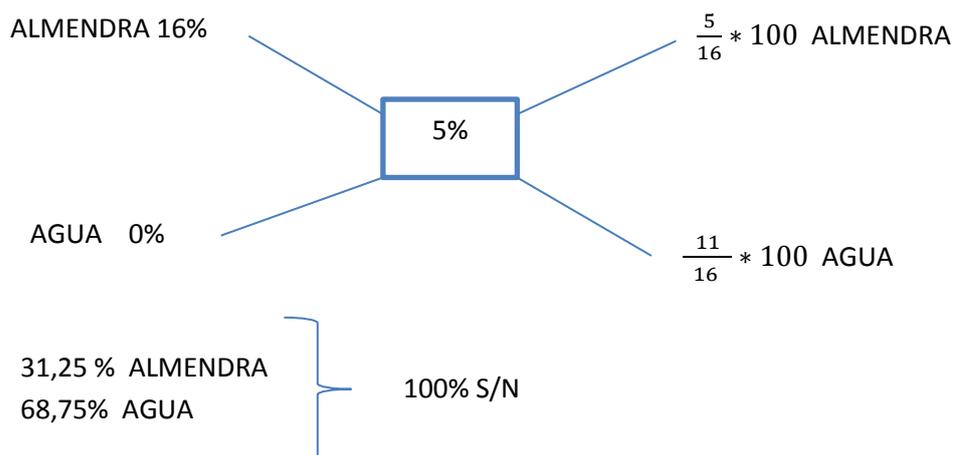
Todas las mediciones se realizaran en triplicado y los resultados son expresados como “promedio  $\pm$  desviación estándar”. Se utilizara un análisis de varianza (ANOVA) simple y el Test de Tukey, para determinar la significancia de las diferencias entre los valores promedio con un nivel de significancia del 5% (Wittig, 2001). Este análisis estadístico se realiza en el programa *Statgraphic Centurion* y se aplica a los resultados

obtenidos de los ensayos de textura, las pruebas realizadas en el viscosímetro, ensayos de estabilidad y los test sensoriales, para este último se utiliza análisis de varianza de dos vías.

## 6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

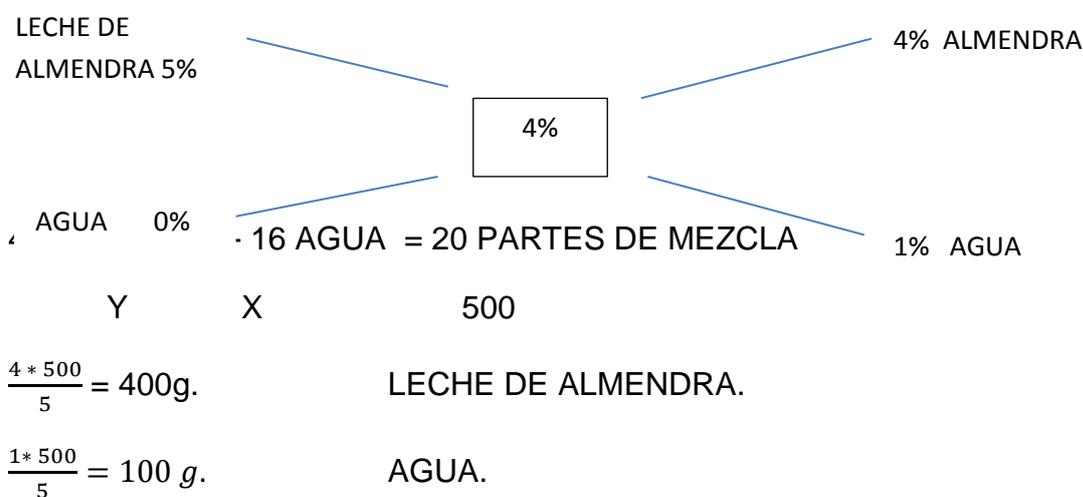
### 6.1 ELABORACIÓN DE LA LECHE DE ALMENDRA

Para la estandarización de la emulsión, se inicia por la elaboración de la leche de almendras cuya composición proteica es del 5%.



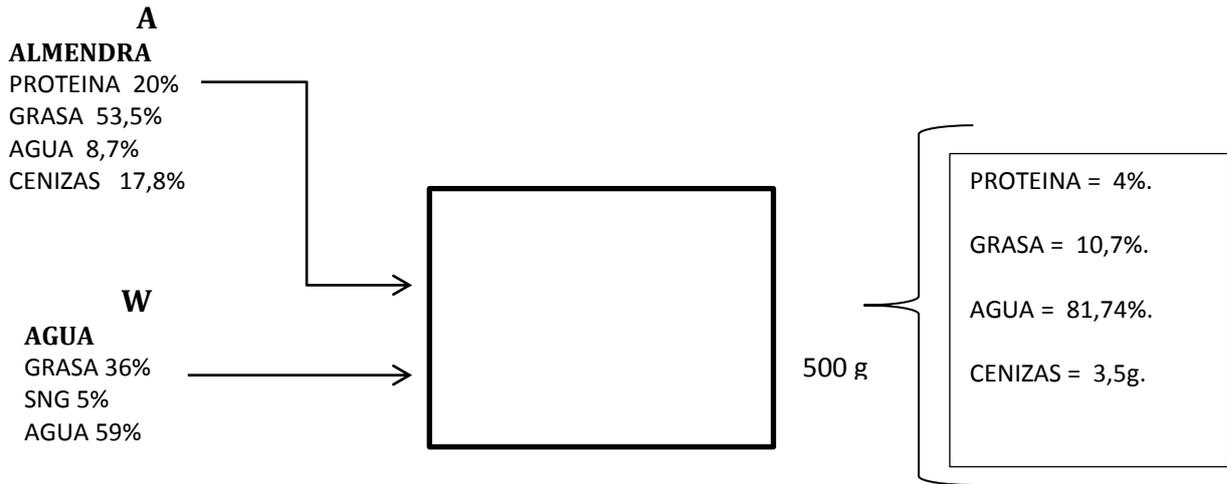
#### 6.1.1. ESTANDARIZACIÓN DE LA LECHE DE ALMENDRAS

Debido al comportamiento irregular de la emulsión trabajada con la leche de almendras a una concentración del 5% se decidió diluir la leche hasta alcanzar un contenido proteico del 4% en proteínas.



Para realizar la disminución del contenido de proteínas partiendo de la leche elaborada al 5% se hace necesario la adición de 20% de agua y 80% de leche y así lograra una leche con el 4% de proteína final.

### 6.1.2. BALANCE DE MATERIA PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE LA LECHE DE ALMENDRAS



#### BALANCE GENERAL.

$$A + W = 500$$

#### BALANCE PARA PROTEINA.

$$0,2 A = 500 (0,04)$$

$$A = \frac{500 * (0,004)}{0,2} \quad A = 100g.$$

$$W = 500 - A$$

$$W = 400$$

#### BALANCE PARA AGUA. CENIZAS

$$100 (0,087) + 400 = 500 (X \text{ AGUA})$$

$$X = 0,8174$$

$$X = 81,74\%$$

#### BALANCE PARA

$$100 (0,178) = 500g.$$

$$x = 0,0356$$

$$x = 3,56\%$$

## **BALANCE PARA GRASA.**

$$100 (0,535) = 500 (X \text{ GRASA})$$

$$X = 0.107 \quad X = 10.7\%$$

## **6.2. ESTABILIDAD DE LA EMULSION**

Para lograr la elaboración de una emulsión estable se hizo necesario la realización de 15 ensayos, modificando en cada uno de ellos sus porcentajes de iota Carragenina siendo el máximo porcentaje utilizado el 1.5% y el menor 0.5% evaluando en cada una de estas muestra su comportamiento de textura aparente y sus cambios físicos y organolépticos y así poder elegir cuál de estas es la adecuada para tomar como base en la elaboración de la emulsión tipo mayonesa final.

Como se ilustra en la imagen 1. para cada muestra elaborada, se tomaron como referencia tres relaciones de proporcionalidad (1:1, 1:2 y 1:3) en leche y aceite donde la variación se le realiza en el aceite y a diferentes porcentajes de iota-Carragenina.

Habiendo seleccionado el porcentaje de 1% y 1.25% de Carragenina en las muestras elaboradas y descartando las que se fabricaron con el contenido de 1.5% de iota- Carragenina en estas, se puede observar que las muestras se solidifican, de acuerdo con Salling, (1988), esto se debe a la acción continua y ascendente de la iota- Carragenina en la proteína de la leche, por lo cual se tuvo que disminuir el porcentaje de proteína de la leche al 4% y de iota-Carragenina a un 0.5%, debido a que en el momento de realizar esta disminución y al preparar nuevas muestras se pudo determinar estas presentan las características ideales para una emulsión tipo mayonesa.

Para lograr esta emulsión se estableció que relación óptima de leche y aceites era la relación 1:2 junto con la adición de 0.5% de iota-Carragenina, ya teniendo estos parámetros se elaboraron muestra para evaluar su comportamiento en donde se pudo observar que dichas muestras presentaban un descenso drástico en su pH producto de la acidificación de la leche, para corregir este defecto se hace necesario la adición de un estabilizante de pH (fosfato tricálcico) teniendo en cuenta la permisibilidad establecida por la FAO – WHO,.( 2015) .Al realizar esta adición se logró mantener su pH estable.

Una vez establecido los parámetros ideales, se procede al diseño de las formulaciones con el fin de lograr la emulsión tipo mayonesa

**Imagen 1.** Modelación de la estructura de la emulsión (leche de almendra, iota Carragenina y aceite)



Para lograr definir la formulación más adecuada (tabla 2.), se trabajaron 13 ensayos diferentes en los cuales se hicieron modificaciones regulares en sus componentes para establecer la cantidad adecuada de cada uno, ya que en las muestras se presentó formación de gránulos, sabor no propio al de la mayonesa y color no característico durante el almacenamiento.

Realizados los diferentes ensayos se pudo determinar que la formulación que se presenta en la tabla 2, fue la más adecuada ya que esta presenta las características similares para una mayonesa comercial.

**TABLA 2.** Formulación para la emulsión tipo mayonesa

INGREDIENTE	PORCENTAJE (%)
ACEITE	62,227
LECHE	20,43
VINAGRE	8
CARRAGENINA	0,356
ALMIDON	1
SAL	1,6
AZUCAR	3,8
MOSTAZA	1,25

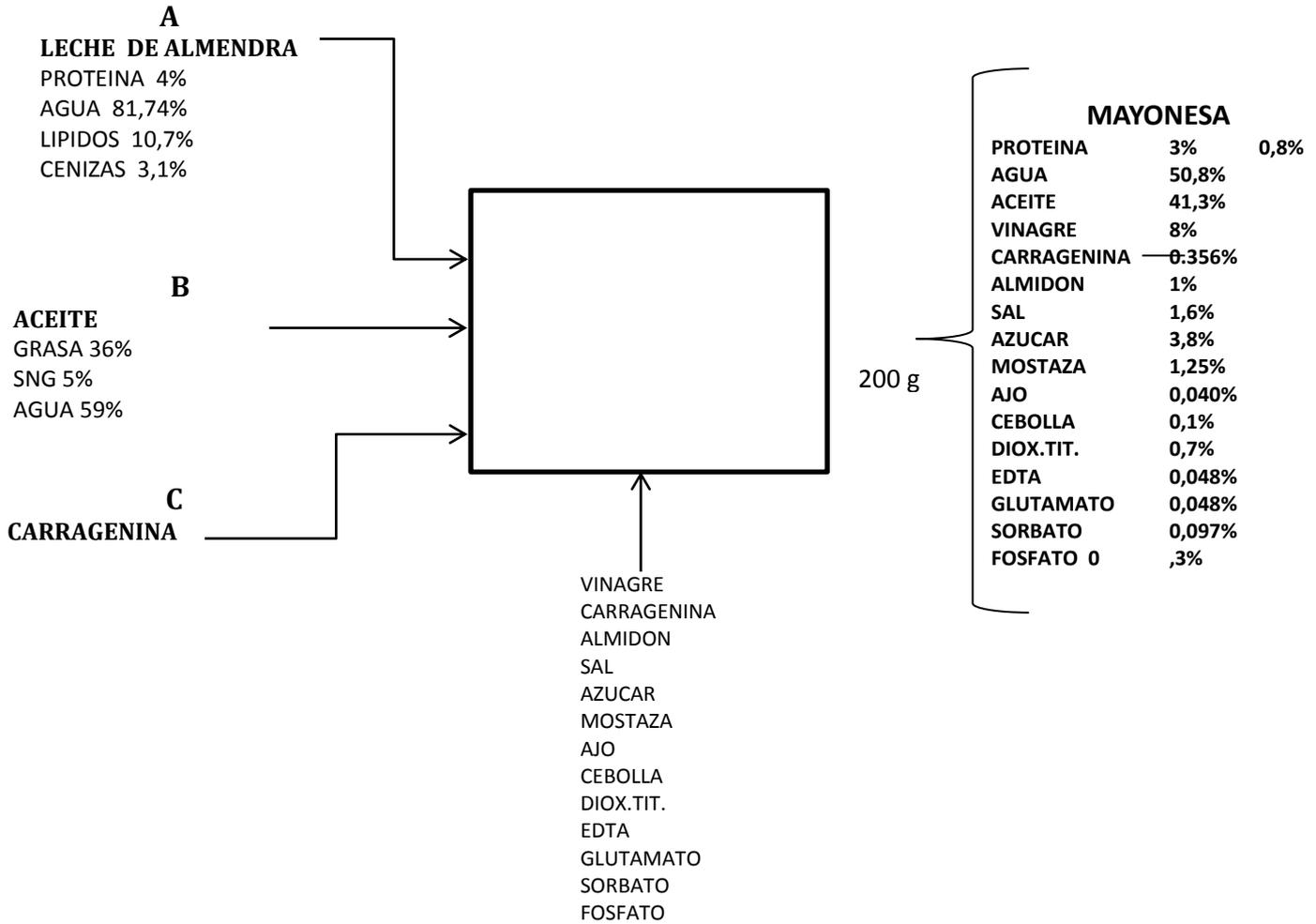
AJO	0,040
CEBOLLA	0,1
TiO <sub>2</sub>	0,7
EDTA	0,048
G.M.	0,048
SORBATO DE POTASIO	0,097
Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	0,3

De acuerdo con las cantidades de cada uno de las materias primas empleadas y su composición se realizó el balance de materia de la emulsión tipo mayonesa para determinar la composición final del producto.

Como es sabido en un producto emulsionado tipo mayonesa su contenido proteico al final, es casi nulo debido a que la emulsión se genera a partir de la proteína inicial la cual se utiliza casi en su totalidad esto se debe a los componentes lipoproteicos de baja densidad(LDL), presentes en la composición de la almendra. Según Guilmineau y Kulozik, et al., (2007), las proteínas de baja densidad consisten de un núcleo de lípidos rodeados por una capa interfásica de fosfolípidos y proteínas llamadas las apoproteínas de baja densidad, lo cual lleva a proponer que las lipoproteínas se adsorben en la interface de las gotas, donde algunas permanecen plegadas, otras forman agregados micelares y el resto se despliegan hacia el medio continuo formando la emulsión, (Gallegos et al., 1988).

Se tuvo que en la elaboración de la mayonesa el 3% de la proteína que entra es la que se emulsifica y genera la estabilidad de la emulsión quedando un 0.8% de proteína; 41.3% de aceite y 50.8% de agua libre en el producto final.

## 6.2.1. BALANCE DE MATERIA PARA LA ELABORACIÓN DE EMULSIÓN TIPO MAYONESA



### BALANCE GENERAL.

$$A + B = 182,661g.$$

### BALANCE PROTEINA.

$$A (0,04) = 182,661(0,03)$$

$$A = 136,995 \rightarrow 41,097$$

### BALANCE LIPIDOS.

$$95,898(0,109) + B = 182,661(0,7)$$

$$10,261 + B = 127,86$$

$$B = 117,6617g$$

### 6.3. Tabla nutricional.

Después de haber realizado el balance respectivo para la emulsión tipo mayonesa y saber el porcentaje final teórico en proteína libre al final del producto (0,8%), se procedió a la realización del análisis nutricional experimental el cual arrojó los siguientes resultados (ver tabla 3).

**Tabla 3.** Tabla nutricional para la emulsion final tipo mayonesa

<b>PARAMETRO</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>TÉCNICA</b>
<i>Humedad</i>	30.17	%	GRAVIMETRICA
<i>Proteína</i>	0.22	%	KJELDAHL
<i>Grasa</i>	60.84	%	EXT. SOXHLET
<i>Fibra</i>	N.D	%	NTC 668
<i>Minerales</i>	3.35	%	GRAVIMETRICA
<i>Carbohidratos</i>	5.43	%	CÁLCULO
<i>Valor calórico</i>	570	Kcal/100g	CÁLCULO

**Fuente:** laboratorio bacteriológico de alimentos *LABALIME®*.

Observando los valores nutrimentales de la mayonesa elaborada tenemos que son acordes a las emulsiones de este tipo y según lo estipulado por la NTC-1756., sus porcentajes se encuentran dentro del rango actual para mayonesa. Con respecto a la proteína final libre tenemos que su porcentaje es de 0,22%, llevando a concluir que los valores arrojados por el balance de materia teórico para proteína final no aporta una mayor diferencia recordando que el valor teórico era de un 0,8% en proteína final libre; recordando que una emulsión como lo es la mayonesa su rango de porcentaje proteico oscila entre 0 a 1% en proteína final. (Liu et al., 2006).

### 6.4. Vida útil

Teniendo las muestras elaboradas, estas se llevan a almacenamiento en anaquel con dos parámetros diferentes, temperatura ambiente  $18\pm 2^{\circ}\text{C}$  y en incubación a  $38\pm 1^{\circ}\text{C}$  por un periodo de tiempo de 15 días, en donde se realizaban análisis con un intervalo de 3 días para cada una de las diferentes muestras. Observándose que la estructura y el color de las diferentes muestras no presentaron alteración aun llevándolas a altas temperaturas de almacenamiento, lo que indica que la modelación de la estructura inicial fue la adecuada.

De igual forma se realizó el análisis microbiológico respectivo para las muestras de incubación y ambiente determinando que diferencias se podían

observar en cuanto a la carga microbiana que pudiese afectar las características del producto. Dando como resultado unos valores sin relevancia y menores a lo estipulado en la norma específica para productos como lo son la mayonesa (Resolución 02310/86) los resultados se pueden observar en las tablas 3 y 4)

**Tabla 4.** Analisis microbiologico para la muestra a temperatura ambiente.(18±2°C).

PARAMETRO	RESULTADO	LIM INFE.	LIM SUPE.	UNIDAD	TECNICA
<i>Bacterias mesofilicas</i>	500	Menos de 10	1.000	ufc/g	Recuento en placa
<i>Coliformes totales</i>	Menos de 3	Menos de 3	Menos de 3	mic/g	NMP
<i>Coliformes fecales</i>	Menos de 3	Menos de 3	Menos de 3	mic/g	NMP
<i>Mohos y levaduras</i>	Menos de 10	Menos de 10	50	ufc/g	Rcto en placa YGC
<i>Estafilococo coagulasa positiv</i>	Menos de 100	Menos de 100	100	ufc/g	Rcto en placa BP
<i>Bacillus cereus</i>	Menos de 100	Menos de 100	100	ufc/g	Rcto en placa Mossel

Fuente: laboratorio bacteriológico de alimentos LABALIME®

**Tabla 5.** Analisis microbiologico para la muestra en incubacion.(38±1°C).

PARAMETRO	RESULTADO	LIM INFE.	LIM SUPE.	UNIDAD	TECNICA
<i>Bacterias mesofilicas</i>	100	Menos de 10	1.000	ufc/g	Recuento en placa
<i>Coliformes totales</i>	Menos de 3	Menos de 3	Menos de 3	mic/g	NMP
<i>Coliformes fecales</i>	Menos de 3	Menos de 3	Menos de 3	mic/g	NMP
<i>Mohos y levaduras</i>	Menos de 10	Menos de 10	50	ufc/g	Rcto en placa YGC
<i>Estafilococo coagulasa positiv</i>	Menos de 100	Menos de 100	100	ufc/g	Rcto en placa BP
<i>Bacillus cereus</i>	Menos de 100	Menos de 100	100	ufc/g	Rcto en placa Mossel

Fuente: laboratorio bacteriológico de alimentos LABALIME®

## Imagen 2. Seguimiento a emulsión en incubación y condiciones ambientales



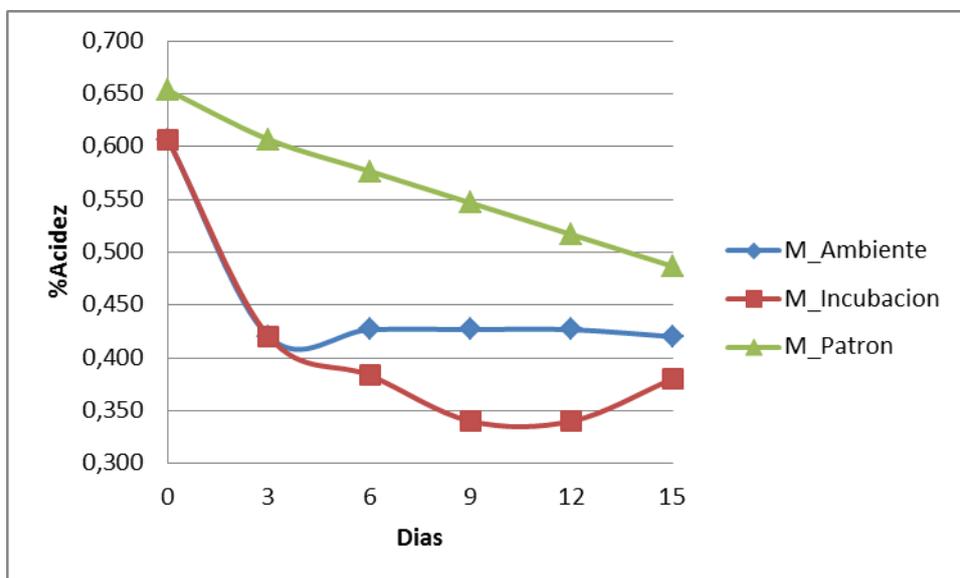
En el caso del pH (figura 2.) se puede observar que el comportamiento es ascendente en todas las muestras, aunque es más pronunciado en la muestra patrón debido a que su fecha de elaboración difiere de las muestras elaboradas, teniendo un mayor tiempo, por ello se conlleva a este comportamiento, por otra parte la emulsione elaborada y almacenada en condiciones ambientales presenta una variación no significativa durante todo su almacenamiento, lo que demuestra estable que es estable, en el caso de la muestra sometida a almacenamiento en altas temperaturas (38°C) el comportamiento del pH presenta una leve variación ascendente causada por el desdoblamiento de los ácidos presentes en dicha emulsión. Sánchez Jorge., (2006)

**Figura 2.** Comportamiento del pH para la emulsión tipo mayonesa

Sabiendo que el comportamiento de la acidez es inversamente proporcional al pH, se puede observar en la figura 3., que las diferentes muestra presentan un descenso con el transcurrir los días de almacenamiento anaquel, en las diferentes condiciones, notándose que la muestra patrón posee el descenso más pronunciado con respecto a las demás muestras. Y siendo la muestra almacenada en ambiente la que conserva la acidez estable a partir del día 3 de almacenamiento. El descenso de la acidez se debe principalmente a hidrolisis

de los ácidos presentes en las emulsiones por efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento de acuerdo con. Sánchez Jorge .,(2006).

**Figura 3.** Comportamiento de la acidez para la emulsión tipo mayonesa



De acuerdo con análisis estadístico realizado para las diferentes muestras almacenadas en ambiente e incubación y al compararlas con la muestra patrón se tiene que; en cuanto al pH existen diferencias mínimas significativas entre las 3 muestras. Para el porcentaje de acidez, existen diferencias mínimas significativas entre la muestra patrón y las dos muestras elaboradas, siendo la muestra almacenada a condiciones ambientales de Pamplona norte de Santander quien conserva estos dos parámetros (pH- acidez) durante su periodo de almacenamiento y están dentro de los rangos permitidos por la NTCB 1756.

**Tabla 6.** Análisis estadístico para acidez y pH

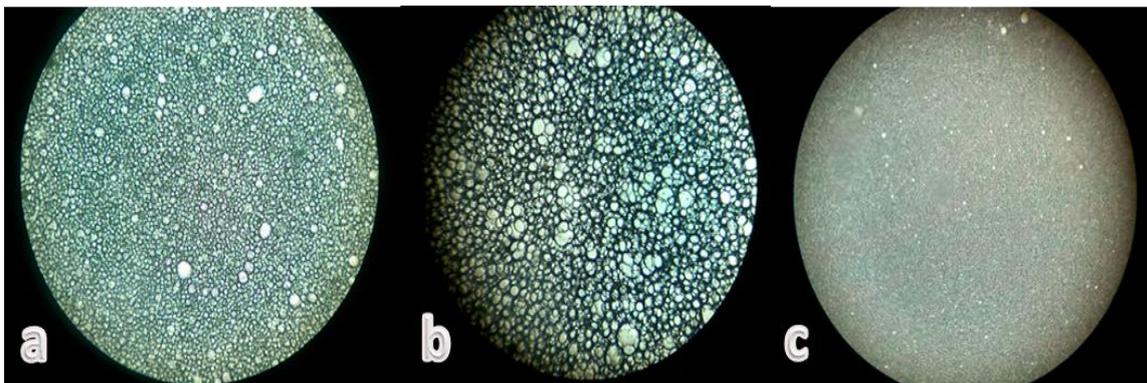
	pH	%Acidez
M_ Incubación	4,48±0,02 <sup>a</sup>	0,41±0,02 <sup>b</sup>
M_ Ambiente	4,36±0,01 <sup>b</sup>	0,45±0,02 <sup>b</sup>
M_ Patrón	4,10±0,06 <sup>c</sup>	0,56±0,01 <sup>a</sup>
<b>p-Valor</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>

Letras iguales no hay diferencia significativa

### 6.5. Análisis de microestructura

Según el análisis de microestructura realizado para las diferentes muestras se puede observar que las muestra almacenada a temperatura ambiente (a), y a 38°C (b), presentan gotas esféricas de aceite compactas de tamaño medio estas gotas son claramente visibles por el tamaño de sus glóbulos (polidispersas), en comparación con la muestra patrón que presenta gotas de aceite esféricas y compactas (monodispersas) esto se debe a que la muestra patrón es elaborada a escala industrial y su proceso se realiza en un equipo especial (molino coloidal). Estos resultados se asemejan a los obtenidos por Mun et al., (2009).

**Imagen 3.** Microestructura



- a) Muestra almacenada a temperatura ambiente., b) muestra almacenada a 38°C., c) muestra patrón

### 6.6. Análisis estadístico para textura

Con los análisis estadísticos para la textura de las diferentes muestras se puede observar que son similares, aunque se presenta una pequeña variación en cuanto a la dureza de la muestra patrón siendo esta la que mayor valor arroja después de su análisis. Con esto se ratifica que la emulsión desarrollada presenta características texturales semejantes con respecto a las elaboradas industrialmente, como se ilustra en la tabla 4., al presentarse diferencia mínima significativa solo en la dureza de la muestra patrón.

**Tabla 7.** Análisis estadístico de la textura para las muestras

	Dureza	Cohesividad	F_Adesiva	Adhesividad	Rigidez	Elasticidad
M_ Incubación	0,076±0,003 <sup>a</sup>	0,012±0,036 <sup>a</sup>	2,713±0,510 <sup>a</sup>	-0,003±0,001 <sup>a</sup>	0,220±0,083 <sup>a</sup>	0,456±0,108 <sup>a</sup>
M_ Ambiente	0,075±0,004 <sup>a</sup>	0,202±0,117 <sup>a</sup>	3,301±0,443 <sup>a</sup>	-0,001±0,001 <sup>ab</sup>	0,248±0,132 <sup>a</sup>	0,776±0,178 <sup>a</sup>
M_ Patrón	0,092±0,003 <sup>b</sup>	0,012±0,032 <sup>a</sup>	3,342±0,258 <sup>a</sup>	0,000±0,001 <sup>b</sup>	0,357±0,125 <sup>a</sup>	0,417±0,113 <sup>a</sup>
<b>p-Valor</b>	<b>0,0013</b>	<b>0,0991</b>	<b>0,4962</b>	<b>0,1066</b>	<b>0,6600</b>	<b>0,1432</b>

Letras iguales no hay diferencia significativa

### 6.7. Análisis estadístico para reología

Observando los resultados en la tabla 5, se puede detallar que no existe diferencia en cuanto a la viscosidad y la deformación de las diferentes muestras estudiadas, la similitud entre estas características dan por entendido que la emulsión tipo mayonesa elaborada, cumple en estos parámetros con las características propias de un producto comercial de este tipo, lo cual lleva a determinar que si es posible la inserción de nuevos componentes en este producto. Aunque si hay diferencia mínima significativa en lo que respecta a el esfuerzo cortante en la muestra almacenada a 38°C con respecto a las demás muestras, este esfuerzo es menor debido a que la viscosidad de la misma es menor a las otras, principalmente se debe a que las altas temperaturas causan que las emulsiones presenten una menor viscosidad y a su vez se requiera de un menor esfuerzo para deformar la estructura (KOSEGARTEN, JIMENEZ, et al., 2012).

**Tabla 8.** Análisis estadístico para reología de la mayonesa

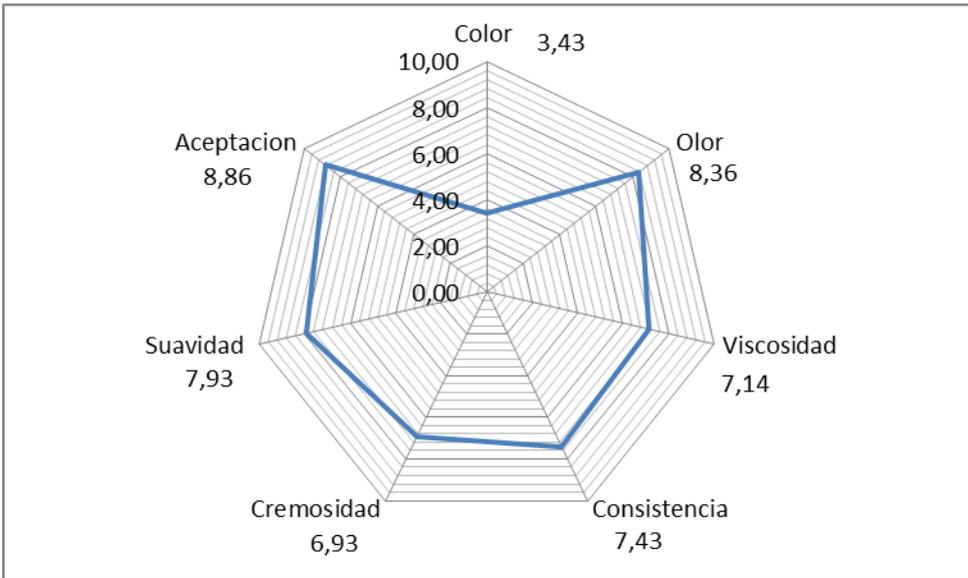
	Viscosidad	Deformación	E Cortante
M_ Incubación	95,79±55,42 <sup>a</sup>	3,26±1,10 <sup>a</sup>	89,91±14,92 <sup>a</sup>
M_ Ambiente	116,24±41,16 <sup>a</sup>	3,26±1,10 <sup>a</sup>	175,25±31,42 <sup>b</sup>
M_ Patrón	189,52±104,11 <sup>a</sup>	3,26±1,10 <sup>a</sup>	195,14±33,76 <sup>b</sup>
<b>p-Valor</b>	<b>0,634</b>	<b>1.0</b>	<b>0.037</b>

Letras iguales no hay diferencia significativa

### 6.8. Evaluación sensorial

Según los panelistas y como se observa en la figura 4., se puede afirmar que la emulsión elaborada presenta características sensoriales semejantes a las mayonesas comerciales y a su vez, se puede determinar que esta es de gran agrado para los consumidores por sus atributos presentes en ella.

**Figura 4.** Grafico radial de perfil de textura para la emulsión tipo mayonesa



## 7. CONCLUSIONES

La elaboración de la emulsión tipo mayonesa fue desarrollada en su totalidad dando como resultado una nueva alternativa de producto de consumo, dirigido hacia la población vegetariana; gracias al estudio y aplicación de nuevas alternativas para reemplazar componentes de primer orden dentro de la formulación.

Durante la búsqueda de la estabilidad de la emulsión se determinó y comprobó la acción continua y ascendente de la iota - Carragenina en la proteína de la leche de almendra que en un principio generó dudas acerca de su composición por el alto contenido de proteína ocasionando nuevas ideas para mejorar la estabilidad hasta llegar a la deseada y propia de una emulsión como es la mayonesa.

Al determinar y finalizar los análisis físicos y químicos de la muestra en desarrollo se pudo comprobar la efectividad de la modelación estructural hecha anterior a la formulación final, ya que al comparar la mayonesa con la muestra patrón su comportamiento es similar y sin muchas diferencias tanto reológicas, estructurales y químicas.

En los análisis de micro estructura se puede observar la mono y polidispersión que presentan las diferentes muestras llevando a determinar que la industrialización de este producto es clave al momento de caracterizarlo.

Basado en los resultados obtenidos en la prueba sensorial se ratifica la aceptabilidad del producto arrojando una parte exitosa de la elaboración de la emulsión tipo mayonesa; tal producto se comprobó que puede ser consumido por personas que no son o no practican el vegetarianismo.

La creación de emulsiones de este tipo generan una amplia aplicación en la industria alimentaria siendo muchas de ellas, excelentes posibles soluciones, para mejorar los productos existentes o desarrollar nuevos enfocados a diferentes poblaciones de consumo debido a los componentes encapsulados que estos sistemas pueden contener.

## 8. BIBLIOGRAFIA.

AOKI, H., TANEYAMA, O., ORIMO, N., KITAGAWA, I. 1981. Effect of Lipophilization of Soy Protein on its Emulsion Stabilizing Properties. *J. Feed Sci.* 46, 1192-1195.

ABU-SALEM, F., and ABOU-ARAB, A. (2008). Chemical, microbiological and sensory evaluation of mayonnaise prepared from ostrich eggs. *Rev. Grasas y Aceites*, 59.

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

BRIGGS J, STEFFE J. Using Brookfield data and the Mitschka method to evaluate power law foods. *J Texture Stud.* 1997; 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).

NTC-1756 2014-08., NORMA TÉCNICA COLOMBIANA PARA MAYONESA.

HERNANDEZ Y; DIAZ R., 2008, Evaluación de la propiedades emulsificantes tipo quitosana en un aderezo tipo mayonesa, *Revista ciencias* 22 (157), Perú, pp 76

Norma Técnica Colombiana NTC 1756. Industrias Alimentarias. Mayonesa y salsa o aderezo tipo mayonesa.

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.

GELYMAR. 2005a. Carrageninas. (Disponible en: [www.gelymar.com](http://www.gelymar.com)).

GELYMAR. 2005b. Determinación de humedad e impurezas en algas. GEL AF- 010. Versión 01. Manual de métodos fisicoquímicos.

GELYMAR. 2005c. Determinación cualitativa de carragenina Kappa en algas. Método Resorcinol. GEL-AQ-013. Versión 01. Manual de métodos químicos.

GELYMAR. 2005d. Índice de leche. GEL-AR-021. Versión 01. Manual de métodos reológicos. GELYMAR. 2005e. Determinación de rendimiento en carrageninas. GEL-AQ-020. Versión 01. Manual de métodos químicos.

GELYMAR. 2005f. Memoria Anual Innovación. GELYMAR. 2004a. Viscosidad en agua al 1,5% a 75 °C. GEL-AR-001. Versión 02. Manual de métodos reológicos.

GELYMAR. 2004b. Viscosidad en agua al 2% + 0,2% KCl a 75 °C. GEL-AR-002. Versión 02. Manual de métodos reológicos.

GELYMAR. 2002. Carragenina; extracción y aplicaciones. 15 p. GELYMAR. 2001a. Fuerza de gel en agua al 1,5% a 20 °C. GEL-AR-009. Versión 05. Manual de métodos reológicos.

GELYMAR. 2001b. Fuerza de gel en agua al 2% + 0,2% KCl a 25 °C. GEL-AR-010. Versión 05. Manual de métodos reológicos.

GONZÁLEZ, R. (1997). Caracterización reológica de mayonesa formulada con goma guar y goma xantan. Memoria para optar al título de Ingeniero en Alimentos. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas.

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.

PUENTES, D., VALENZUELA, C., (2010). Memoria para optar al título de ingeniero en alimentos caracterización reológica de mayonesa formulada con fibra de trigo.

SÁNCHEZ, I., SOLAS, M., BORDERÍAS, J. (2007). Technological implications of addition of wheat dietary fibre to giant squid (*Dosidicus gigas*) surimi gels. *Journal of Food Engineering* 81 404-411

VAVILOV, I. (1930). "Wild progenitors of the fruit trees of problem of the origin of fruit trees". IX International Horticultural Congress report and proceedings . London . August 7(15), pp . 271-286.

WITTIG, E. (2001). Evaluación Sensorial. Una metodología actual para tecnología de alimentos. Edición digital reproducida con autorización del autor. Biblioteca digital de la Universidad de Chile. Sistema de Servicios de Información y Bibliotecas.

Yasumatsu K, Sawada K, Moritaka S, Misaki M, Toda J, characteristics. *J. Agric. Feed Chem.*, 49, 5005-5012, Wada T, Ishii K. 1972. Whipping and emulsifying properties of soybean products. *Agric. Biol.Chem.* 36, Recibido: 27/12/05 719-727

SANCHEZ, JORGE, (2006). Extracción de Ácidos Grasos insaturados y obtención del Omega 3 de los residuos industriales pesqueros utilizando tecnologías más limpias., 3.1-3.2.