



**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACÉUTICAS**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE LOS ALIMENTOS Y TECNOLOGÍA QUÍMICA**

**Profesor Patrocinante:**

Eduardo Castro Montero.  
Departamento de Ciencia de los  
Alimentos y Tecnología Química,  
Universidad de Chile.

**Director de Memoria:**

Eduardo Castro Montero.  
Departamento de Ciencia de los  
Alimentos y Tecnología Química,  
Universidad de Chile.

**APLICACIÓN DE UN SUSTITUTO GRASO A BASE DE  
FIBRA DE NARANJA EN MAYONESAS Y EVALUACIÓN  
DE SUS PROPIEDADES TEXTURALES Y SENSORIALES**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO EN ALIMENTOS

**Gislaine Andrea Quiroz Gallardo**

Santiago, Chile

2009

*A Dios, mi familia, mi pololo y mis amigos.*

*Muchas gracias por su apoyo.*

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres, Marisol y Jaime por brindarme el amor, el apoyo y la ayuda necesaria para cumplir la primera de mis metas. Sé que fue difícil en muchos aspectos, pero espero retribuir este duro camino y que se sientan orgullosos de mí.

Agradezco también a mis hermanos, Vanessa y Jaime, por confiar en mí y entregarme alegría día a día, a pesar de los problemas que podamos enfrentar siempre están junto a mí. A mi sobrina Isidora, quien me da energía día a día y me siento muy orgullosa de que esté con nosotros.

Agradezco también a Iván Droguett, por el apoyo y fuerza que me da cada día, por su compañía, paciencia y amor. Gracias por confiar en mí y por apoyarme siempre incondicionalmente.

A mis amigas y amigos, que sin ellos nada de esto sería posible. A mis amigas de antaño, Romina, Paloma, Javiera, Jimena, quienes me ayudaron muchísimo en la etapa escolar y lo siguen haciendo ahora en esta etapa de mi vida. Gracias por la buena amistad que nos une.

A mis amigos de la Universidad, Pato, Pepina, Clau, JoC, Anje, Cesa, Eve, gracias por el tiempo compartido juntos, tantos momentos y vivencias imposibles de olvidar, espero sigamos siendo siempre amigos y que podamos contar con nuestro apoyo siempre.

Quiero agradecer también al profesor Eduardo Castro, quien me enseñó a enfrentar el mundo laboral y sin duda me enseñó a tener mayor confianza en mí misma a la hora de defender lo que sé.

Finalmente agradecer a Dios por las oportunidades que me ha dado en la vida y por poner en mi camino a personas tan maravillosas como las mencionadas en este ítem.

## TABLA DE CONTENIDOS

	Pág.
Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Tabla de Contenidos	iv
Índice de Tablas	vii
Índice de Figuras	ix
Resumen	x
Summary	xi
Capítulo I: Introducción	1
Capítulo II: Antecedentes Generales	3
2.1 Sustitutos grasos (SG)	3
2.2 La fibra alimentaria	3
2.2.1. Fuentes de fibra alimentaria	4
2.2.2. Propiedades fisiológicas de la fibra alimentaria	5
2.2.2.1. Función intestinal	5
2.2.2.2. Niveles de glucosa en la sangre	5
2.2.2.3. Colesterol sanguíneo	5
2.2.3. Propiedades tecnológicas de la fibra alimentaria	5
2.2.3.1. Capacidad de retención de agua (CRA)	5
2.2.3.2. Capacidad de ligar grasa	5
2.2.3.3. Viscosidad	6
2.2.3.4. Capacidad de formación de gel	6
2.2.3.5. Capacidad quelante	6
2.2.3.6. Capacidad fermentativa	6
2.2.3.7. Texturación	6
2.3. Fibra de naranja (Citri – fi)	7
2.3.1. Propiedades tecnológicas de la fibra de naranja (Citri – fi)	7
2.3.1.1. Reemplazo de grasa	7
2.3.1.2. Capacidad emulsionante y reducción de sinéresis	8

2.3.1.3. Control de humedad	8
2.3.2. Información técnica Citri-fi 300 FG	9
2.4. La mayonesa	10
Capítulo III: Objetivos e Hipótesis	12
3.1. Objetivos	12
3.1.1. Objetivo general	12
3.1.2. Objetivos específicos	12
3.2. Hipótesis del estudio	12
Capítulo IV: Materiales y Metodología	13
4.1. Materias primas	13
4.2. Reactivos	13
4.3. Equipos	14
4.4. Materiales	14
4.5. Metodología	14
4.5.1. Etapa 1: Elaboración de la muestra control	14
4.5.1.1. Diagrama de bloques muestra control	15
4.5.1.2. Descripción diagrama de bloques muestra control	15
4.5.2. Etapa 2: Elaboración de muestras ensayo	16
4.5.2.1. Diagrama de bloques muestras ensayo	17
4.5.2.2. Descripción diagrama de bloques muestras ensayo	17
4.5.3. Etapa 3: Caracterización fisicoquímica de las muestras control y ensayo	18
4.5.3.1. Determinación de % acidez acética titulable	18
4.5.3.2. Determinación de % sal	19
4.5.3.3. Determinación de pH	20
4.5.3.4. Determinación de consistencia	20
4.5.4. Etapa 4: Evaluación de las propiedades texturales	20
4.5.4.1. Pruebas realizadas en equipo universal Lloyd LR – 5K	21
4.5.4.2. Pruebas realizadas en viscosímetro de Brookfield	21
4.5.5. Etapa 5: Análisis sensorial	22

4.5.6. Etapa 6: Análisis estadístico	22
Capítulo V: Resultados y Discusión	23
5.1. Elaboración de la muestra control	23
5.2. Elaboración de las muestras ensayo	23
5.3. Caracterización fisicoquímica de las muestras	25
5.4. Evaluación de propiedades texturales	26
5.4.1. Pruebas realizadas en equipo universal Lloyd LR – 5K	26
5.4.2. Pruebas realizadas en viscosímetro de Brookfield	28
5.5. Evaluación sensorial	29
Capítulo VI: Conclusiones	43
Referencias	45
Anexo 1: Ficha técnica Citri-fi	48
Anexo 2: Ficha evaluación sensorial	49
Anexo 3: Análisis estadístico parámetros fisicoquímicos	50
Anexo 4: Análisis estadístico parámetros texturales	56
Anexo 5: Análisis estadístico para evaluación sensorial	59

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
• <b>Tabla N° 1:</b> Comparación de capacidad de retención de agua (CRA) y datos de viscosidad de sólidos al 3%.	8
• <b>Tabla N° 2:</b> Resultados analíticos típicos para Citri-fi 300 FG.	10
• <b>Tabla N° 3:</b> Fórmula de muestra control de mayonesa obtenida mediante ensayos y conocimiento del autor.	23
• <b>Tabla N° 4:</b> Comparación de fórmulas de muestra control y muestras ensayo.	24
• <b>Tabla N° 5:</b> Medias aritméticas y desviación estándar de mediciones de parámetros fisicoquímicos de: muestra control (M), muestra ensayo 1 - reemplazo de 25% aceite (B), muestra ensayo 2 – reemplazo 35% aceite (A) y muestra ensayo 3 – reemplazo 45% aceite (C), a 20° C.	25
• <b>Tabla N° 6:</b> Medias aritméticas y desviación estándar de mediciones de fuerza máxima de resistencia de: muestra control (M), muestra ensayo 1 - reemplazo de 25% aceite (B), muestra ensayo 2 – reemplazo 35% aceite (A) y muestra ensayo 3 – reemplazo 45% aceite (C), a 20° C.	27
• <b>Tabla N° 7:</b> Medias aritméticas y desviación estándar de mediciones de viscosidad de: muestra control (M), muestra ensayo 1 - reemplazo de 25% aceite (B), muestra ensayo 2 – reemplazo 35% aceite (A) y muestra ensayo 3 – reemplazo 45% aceite (C), a 20° C.	28
• <b>Tabla N° 8:</b> Descripción del producto para cada muestra evaluada sensorialmente, mediante test de diferencias con método de comparación múltiple.	29

- **Tabla Nº 9:** Resultados por juez y por muestra para el atributo de **APARIENCIA**, obtenidas de evaluación sensorial, mediante test de diferencias con método de comparación múltiple. 30
- **Tabla Nº 10:** Resultados por juez y por muestra para el atributo de **COLOR**, obtenidas de evaluación sensorial, mediante test de diferencias con método de comparación múltiple. 32
- **Tabla Nº 11:** Resultados por juez y por muestra para el atributo de **SABOR**, obtenidas de evaluación sensorial, mediante test de diferencias con método de comparación múltiple. 34
- **Tabla Nº 12:** Resultados por juez y por muestra para el atributo de **OLOR**, obtenidas de evaluación sensorial, mediante test de diferencias con método de comparación múltiple. 36
- **Tabla Nº 13:** Resultados por juez y por muestra para el atributo de **TEXTURA**, obtenidas de evaluación sensorial, mediante test de diferencias con método de comparación múltiple. 38
- **Tabla Nº 14:** Resultados por juez y por muestra para el atributo **SINÉRESIS**, obtenidas de evaluación sensorial, mediante test de diferencias con método de comparación múltiple. 40
- **Tabla Nº 15:** Resultados por juez y por muestra para evaluación de calidad de cada muestra respecto del control, obtenidas de evaluación sensorial, mediante test de diferencias con método de comparación múltiple. 41



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
• <b>Figura N° 1:</b> Porcentaje de puntajes de diferencia para muestras A, B, C y D con respecto a M (muestra control) en atributo <b>APARIENCIA</b> .	31
• <b>Figura N° 2:</b> Porcentaje de puntajes de diferencia para muestras A, B, C y D con respecto a M (muestra control) en atributo <b>COLOR</b> .	33
• <b>Figura N° 3:</b> Porcentaje de puntajes de diferencia para muestras A, B, C y D con respecto a M (muestra control) en atributo <b>SABOR</b> .	35
• <b>Figura N° 4:</b> Porcentaje de puntajes de diferencia para muestras A, B, C y D con respecto a M (muestra control) en atributo <b>OLOR</b> .	37
• <b>Figura N° 5:</b> Porcentaje de puntajes de diferencia para muestras A, B, C y D con respecto a M (muestra control) en atributo <b>TEXTURA</b> .	38
• <b>Figura N° 6:</b> Porcentaje de puntajes de diferencia para muestras A, B, C y D con respecto a M (muestra control) en atributo <b>SINÉRESIS</b> .	40
• <b>Figura N° 7:</b> Porcentaje de evaluación de calidad para muestras A, B, C y D con respecto a M (muestra control).	42

## RESUMEN

El presente estudio trata sobre la elaboración de mayonesas con un sustituto graso a base de fibra de naranja, que no afecte las propiedades texturales y sensoriales del mismo.

La evaluación de las muestras se basó en la variación de los porcentajes de aceite, sustituto graso y agua. Se prepararon tres muestras, cuyas reducciones de aceite son de 25%, 35% y 45%.

El estudio consistió en evaluar los parámetros fisicoquímicos y las propiedades texturales de las muestras, así como también realizar una evaluación sensorial, para luego compararlas con una muestra control.

Finalmente, se realizaron evaluaciones de diferencia con método de comparación múltiple, en donde se enfrentan las muestras en estudio (con reducción de aceite en un 25%, 35% y 45%) a un control (70% de aceite). Se evaluaron los parámetros de apariencia, color, sabor, olor, textura y sinéresis.

Después de realizados todos los estudios y análisis, se obtuvo resultados óptimos para la muestra de mayonesa con una disminución del 25% de aceite y agregando un 2,2% del sustituto graso. Esta muestra tiene parámetros fisicoquímicos muy similares al control. Con respecto a las propiedades texturales, se encontraron diferencias que no fueron identificadas en el panel sensorial, por lo que pueden ser corregidas agregando algún otro tipo de goma o hidrocoloide. De acuerdo a la evaluación sensorial, se obtiene diferencias significativas sólo para los parámetros de apariencia y textura, los cuales pueden ser modificados en una producción a nivel industrial. Para el resto de los parámetros se obtiene que la muestra menos diferente del control es aquella con un reemplazo de 25% de aceite.

Se obtiene entonces, que el porcentaje óptimo de sustituto graso a agregar en mayonesas, para que ésta no pierda sus propiedades fisicoquímicas, texturales y sensoriales, es de 2,2%.

## SUMMARY

The present study is about the preparation of mayonnaise-based fat substitute orange fiber, seeking to obtain an optimum level of this substitute that does not affect the textural and sensory properties of it.

The evaluation of samples is based on the change in the oil, fat substitute and water percentage. Three samples were prepared, whose reductions are 25% oil, 35% and 45%.

The study was to evaluate the physicochemical parameters of the samples, as well as the textural properties and sensory evaluation and then compared with a control sample containing 70% oil.

Finally, evaluations of difference multiple comparison method for elaborated, where the samples under study face (with reduction of oil by 25%, 35% and 45%) to a control (70% oil). Appearance, color, taste, smell, texture and syneresis parameters were evaluated.

After making all the studies and analysis, optimal results were obtained for the sample of mayonnaise with a decrease of 25% oil and adding 2.2% of fat substitute. In this sample, we obtained very similar physicochemical parameters to control. With regard to the textural properties, differences were found, which are not identified in the sensory panel, so it can be corrected by adding some other type of gum or hydrocolloid. According to the sensory evaluation, significant differences were obtained only for appearance and texture parameters, which can be modified in a production at industrial level. For the rest of the parameters is known that less than the control sample is one with a replacement of 25% oil.

We obtain that the optimum percentage of fat substitute to add to mayonnaise is 2.2%, so that it does not lose its physicochemical, textural and sensory properties.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

En los últimos años el consumo de grasa en el mundo ha aumentado de manera significativa, lo cual ha tenido consecuencias negativas para la salud. Con respecto a este tema, la Industria de Alimentos ha participado de manera positiva en la reducción del consumo de grasas, desarrollando una nueva línea de productos llamados “Sustitutos Grasos”, cuyo objetivo es reemplazar parte o la mayoría de la grasa de la dieta, sin modificar sustancialmente ni el sabor ni la textura de los alimentos. Existen distintas fuentes de obtención de estos sustitutos: hidratos de carbono, proteínas y ácidos grasos (Yañez, Biolley, 1999).

Por lo mismo, la tendencia alimentaria actual comienza a mostrar un creciente aumento en la demanda de alimentos con propiedades saludables especiales (Martínez y cols., 2008). Entre ellos se encuentran los alimentos enriquecidos con fibra dietaria, debido a su efecto benéfico sobre la función gastrointestinal y a la prevención de enfermedades cardiovasculares, entre otras.

Las fibras alimentarias son en su mayoría componentes de origen vegetal que no pueden ser degradados por las enzimas del sistema digestivo humano. Dichas sustancias transitan por el intestino delgado sin sufrir modificaciones y a nivel del intestino grueso son parcialmente degradadas por la flora intestinal (Nestlé, 2009). Este tipo de fibra se encuentra en las frutas, verduras, legumbres y granos de cereal enteros. A menudo, se clasifica según su solubilidad, en fibra soluble o insoluble, ambos tipos se encuentran en distintas proporciones en los alimentos que la contienen (Food Today, 2005).

La producción de fibras de fuentes diferentes a los cereales, como los residuos de frutas, y la elaboración de nuevos productos con éstas, es de gran interés para la industria alimentaria, debido a su aplicación tecnológica e innovación y a la utilización de las fibras de frutas como materia prima. Estas fibras se caracterizan mediante análisis fisicoquímico, microbiológico y sensorial. La literatura reporta que la cantidad máxima de fibra dietaria añadida a los productos alimenticios es de máximo un 10%, debido a que pueden aparecer defectos sensoriales en los productos (Martínez y cols., 2008).

La industria procesadora de frutas cítricas, como la naranja, emplea grandes volúmenes de éstas y genera una gran cantidad de residuos que incluyen corteza, pulpa y semillas, donde hay flavonoides como la limonina y la narangina (albedo y cáscara específicamente), con diferente grado de solubilidad en agua y que pueden causar sabor amargo (Martínez y cols., 2008).

Una de las empresas que se ha dedicado al estudio de la *Pulpa de Naranja* es FIBERSTAR (USA), la cual ha podido elaborar una fibra que tiene características exclusivas e inigualables a las ya existentes en el mercado. Esta fibra conocida a nivel mundial como *Citri-fi* y representada en toda Sudamérica por Citri-fi Chile S.A., posee variadas funciones y particularidades que hacen que sea aplicable a una amplia gama de productos.

Las emulsiones son dispersiones de una fase líquida en otra también líquida e inmisible con la primera. La mayonesa es una emulsión de aceite en agua que alcanza una elevada densidad gracias a la poderosa acción estabilizadora de fosfolípidos de la yema de huevo. Las emulsiones son las más inestables de las dispersiones debido a la elevada tensión superficial entre aceite y agua, y solo se dan en presencia de un estabilizador eficiente que aparece de forma natural o se pueden agregar (Camacho y cols., 2008).

De acuerdo al Reglamento Sanitario de los Alimentos, se define mayonesa como la emulsión de aceite comestible en huevo y agua, adicionada de vinagre, jugo de limón, otros ácidos orgánicos, sal comestible, condimentos y aditivos. Se permite la adición de caroteno y otros aditivos autorizados (RSA, 2008).

## **CAPÍTULO II: ANTECEDENTES GENERALES**

### **2.1. Sustitutos grasos (SG)**

La Industria de Alimentos ha participado de manera positiva en la reducción del consumo de grasas, desarrollando una nueva línea de productos llamados “sustitutos grasos” (SG), es decir, una variedad de productos cuyo objetivo es reemplazar parte o la mayoría de la grasa de la dieta, sin modificar sustancialmente ni el sabor ni la textura de los alimentos a los que el consumidor está acostumbrado.

Sin embargo, no es fácil reducir drásticamente el contenido de grasa de la dieta, debido a que tiene propiedades funcionales, nutritivas y especialmente sensoriales que son muy apreciadas por el consumidor. Las grasas son una forma concentrada de energía, ya que contienen 9 Kcal/g (38 kJ/g), es decir, más del doble de la que contienen los hidratos de carbono y las proteínas. Las grasas de la dieta son un medio de transporte para las vitaminas liposolubles, sirven como medio de transferencia de calor a los alimentos en el proceso de fritura y producen una importante sensación de saciedad. Existen distintas fuentes de obtención de estos sustitutos: hidratos de carbono, proteínas y ácidos grasos (Yañez, Biolley, 1999).

El sustituto graso utilizado en este proyecto proviene directamente de hidratos de carbono, ya que corresponde a una fibra, por lo tanto, se hará referencia solamente a la fibra alimentaria.

### **2.2. La fibra alimentaria**

A pesar de no ser un nutriente, la fibra alimentaria es un componente importante en la dieta. La naturaleza química y la estructura de la fibra dietaria son las principales características que determinan su comportamiento en el lumen intestinal. La principal razón de su importancia es que pasa por el organismo sin ser absorbida, ya que no es atacada por las enzimas del estómago ni del intestino delgado, por lo tanto, alcanza el colon sin ser degradadas (Food Today, 2005).

Tradicionalmente, la fibra dietética se ha definido como “la fracción de la parte comestible de las plantas o de sus extractos, o análogos sintéticos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado, por lo general con fermentación completa o parcial en el intestino grueso” (Borderías y cols., 2005). El término "fibra dietética" incluye polisacáridos (por ejemplo, la celulosa, la hemicelulosa, las gomas y las pectinas), oligosacáridos (por ejemplo, la inulina), lignina y otras sustancias asociadas.

El término fibra alimentaria comprende además un tipo de almidón conocido como “almidón resistente” (presente en legumbres, semillas y granos parcialmente molidos y algunos cereales de desayuno), porque resiste a la digestión en el intestino delgado y llega intacto al intestino grueso (Food Today, 2005).

### **2.2.1. Fuentes de fibra alimentaria**

La fibra alimentaria se encuentra en las frutas (pera, fresa, mora, frambuesa, grosella y naranja), las verduras (col de bruselas, alcachofa, cebolla, ajo, maíz, guisantes, judías verdes, etc.), las legumbres (lentejas, garbanzos, etc.) y los granos de cereal enteros (salvado de trigo, de avena, pan de cereales integrales o multicereales, etc.).

A menudo, la fibra alimentaria se clasifica según su solubilidad, en fibra soluble o insoluble. Ambos tipos de fibra se encuentran en distintas proporciones en los alimentos que contienen fibra. La avena, la cebada, las frutas, las verduras y las legumbres son buenas fuentes de fibra soluble. Los cereales integrales y el pan integral son fuentes ricas en fibra insoluble (Food Today, 2005).

Las propiedades funcionales de la fibra están influenciadas por la matriz estructural de la fibra, la relación fibra dietaria insoluble/fibra dietaria soluble (FDI/FDS), el tamaño de la partícula, la fuente, así como por el grado y el tipo de procesamiento llevado a cabo.

## **2.2.2. Propiedades fisiológicas de la fibra alimentaria**

**2.2.2.1. Función intestinal:** La fibra alimentaria, especialmente la fibra insoluble, ayuda a prevenir el estreñimiento al incrementar el peso de las heces y al reducir la duración del tránsito intestinal. Los ácidos grasos de cadena corta, producidos cuando la fibra fermenta por la acción de las bacterias intestinales, son una fuente importante de energía para las células del colon y pueden inhibir el crecimiento y la proliferación de células cancerígenas en el intestino.

**2.2.2.2. Niveles de glucosa en la sangre:** La fibra soluble puede ralentizar la digestión y la absorción de hidratos de carbono y, por consiguiente, reducir el aumento de glucosa en la sangre que se produce después de comer y la respuesta insulínica.

**2.2.2.3. Colesterol sanguíneo:** Prevención de la enfermedad cardíaca coronaria (ECC), mejorar los perfiles de lípidos en la sangre (Food Today, 2005).

## **2.2.3. Propiedades tecnológicas de la fibra alimentaria**

**2.2.3.1. Capacidad de retención de agua (CRA):** La propiedad más importante desde el punto de vista tecnológico es la capacidad de ligar agua. Las fibras solubles, como la pectina y gomas, poseen una mayor CRA que las fibras celulósicas. El pH del medio, por lo general influencia en la capacidad de retención de agua que tienen las fibras. Además, es una interesante propiedad de hidratación de la fibra dietaria, pues su consumo puede estar directamente relacionado con su capacidad de provocar una mayor sensación de saciedad. La CRA indica la capacidad que tiene la fibra para aumentar su volumen en presencia de un exceso de agua y se expresa en ml/g.

**2.2.3.2. Capacidad de ligar grasa:** La capacidad de una fibra de ligar grasa depende más de la porosidad de la fibra que de afinidad molecular. Por esta



razón, en el fin de evitar la absorción de grasa, es recomendable colocar la fibra en el agua primero, para que el agua llene los poros e impida la entrada de grasa.

2.2.3.3. **Viscosidad:** Fibras, como la pectina, gomas y polisacáridos extraídos de algas, forman soluciones muy viscosas. Las gomas derivadas de plantas son generalmente las sustancias más utilizadas como espesantes.

2.2.3.4. **Capacidad de formación de gel:** La capacidad para formar gel y las características del gel formado dependerán de una serie de factores, entre ellos la concentración, la temperatura, la presencia de determinados iones y pH.

2.2.3.5. **Capacidad quelante:** Muchos tipos de fibras poseen la capacidad de intercambio catiónico in vitro como un medio de ligar minerales; lo cual contribuye a que se pueda impedir la activación de reacciones de oxidación de lípidos.

2.2.3.6. **Capacidad fermentativa:** Las fibras son capaces de fermentar en diversos grados, dependiendo del tipo de ésta.

2.2.3.7. **Texturación:** El uso de fibras puede ayudar a la reestructuración de los productos a base de músculo de pescado y carne.

Otras propiedades son la modificación del sabor y la textura, el control de la cristalización del azúcar, la modificación de las propiedades gelificantes y viscosidad, y la estabilización de los productos congelados. Una característica importante es la capacidad de las fibras para evitar la deformación y la disminución de la reestructuración de los productos durante la cocción.

Algunas fibras tienen capacidad antioxidante y actúan de manera eficiente, ya sea en almacenamiento refrigerado o congelado (Borderías y cols., 2005).

### **2.3. Fibra de naranja (Citri – fi)**

Citri-fi corresponde a un ingrediente alimenticio funcional completamente natural, fabricado a base de pulpa de cítricos (naranjas frescas y sanas), es especialmente adecuado para la adición de humedad, el control de la migración de humedad, la mejora de los rendimientos, en sustitución de la grasa, y reducir el costo de una amplia variedad de productos alimenticios. La capacidad de retención de agua de Citri-fi es realmente notable, ya que no sólo la retiene, sino que la une y no la libera con el tiempo (incluso a través de las condiciones de congelación y descongelación). La superior funcionalidad de agua vinculante que presenta esta fibra, hace que sea un excelente sustituto de grasa natural que mantiene el sabor y textura, además de reducir los costos.

Citri-fi es una fibra capaz de retener hasta 10 veces su peso en agua, mejorando de esta forma la calidad del producto y la nutrición en muchos productos alimentarios. La composición de esta fibra cítrica se caracteriza principalmente por tener un contenido de 70% en fibra, de la cual el 50% es soluble y 50% insoluble. Además es baja en grasa (1% en grasa total) y no contiene ningún ácido graso trans. Es un producto neutral en términos de sabor, aroma y color; es un alimento reconocido por la FDA como GRAS (Generalmente Reconocido como Seguro), no es modificado genéticamente (GMO), se considera no alérgico, es Kosher – Parve y Halal. Además, es tremendamente fácil de aplicar, no requiriendo procesos productivos previos para expandir la estructura antes de la incorporación en la mezcla del alimento que se está procesando. Las aplicaciones son: panadería, productos lácteos, salsas y aderezos, alimentos congelados, carnes, ensaladas y preparados (Fiberstar, 2009).

#### **2.3.1. Propiedades tecnológicas de la fibra de naranja (Citri – fi)**

**2.3.1.1. Reemplazo de grasa:** Citri-fi mantiene la suavidad del producto y una muy buena relación fibra-humedad. Es por esto, que puede sustituir hasta el 50% de la grasa que se le adiciona a un producto alimenticio sin causar efectos negativos sobre el color, sabor, volumen, olor y textura.

2.3.1.2. **Capacidad emulsionante y reducción de sinéresis:** Al tener la fibra cítrica una gran superficie de contacto, permite además de ligar el agua, vincular el aceite a las fibras, teniendo así capacidad emulsificante, pudiendo ser usado en: margarinas, mayonesas y salsas. De esta forma se pueden obtener productos con menor contenido graso. La consistencia del producto se ajusta con adición de agua hasta alcanzar el nivel deseado. Por otro lado, debido a la alta capacidad de retención de agua, puede actuar como reductor de sinéresis.

2.3.1.3. **Control de humedad:** Debido a la gran superficie de contacto que tiene esta fibra, con respecto a la capacidad de retención de agua y su viscosidad en agua, es mucho más eficaz comparado con otras fibras comúnmente usadas (ver tabla N° 1). En otro estudio se evaluó la CRA de fibra naranja y se encontró que a medida que disminuye el tamaño de partículas, la CRA aumenta (Fiberstar, 2009).

**Tabla N° 1:** Comparación de capacidad de retención de agua (CRA) y datos de viscosidad de sólidos al 3%.

Fibra	CRA (ml agua / g fibra)	Viscosidad sólidos 3% (cP)
Citri-fi 200*	13,35	2.437
Citri-fi 100**	9,95	567
Fibra zanahoria	6,54	102
Fibra naranja	5,02	3,3
Salvado de trigo	3,82	0
Fibra de algodón	3,13	0
Fibra de tomate	2,98	156
Celulosa	2,78	0
Fibra de remolacha	2,68	0
Fibra de soya	2,48	1
Fibra de avena	2,32	0
Celulosa microcristalina	1,95	0
Fibra de maíz	0,87	0

\* Citri-fi 200 comanufacturado con goma guar.

\*\*Citri-fi 100 fibra cítrica pura.

**Fuente:** Fiberstar, 2009.

Una diferencia importante en funcionalidad tecnológica entre Citri-fi y otras fibras comúnmente usadas, es que la fibra de fruta cítrica no solamente tiene una alta capacidad de retención de agua, sino que la ata muy fuertemente. Esta capacidad imparte dos ventajas muy importantes:

1. Como el agua está ligada firmemente, existe una menor pérdida de humedad durante el horneado o freído.
2. Permite obtener un producto con un contenido de humedad mayor, dando características de frescura y no de resequedad.

Si bien existe una mayor humedad, la actividad de agua ( $a_w$ ) se mantiene igual o levemente inferior a un producto sin contenido de Citri-fi (Fiberstar, 2009).

Existen diversas variedades de Citri-fi, dependiendo de los productos sobre los cuales serán aplicados. La variedad utilizada en este proyecto será Citri-fi 300 FG.

### **2.3.2. Información técnica Citri-fi 300 FG**

- Descripción: Producto de fibra cítrica natural para ser utilizado en reemplazo de la grasa, en el manejo de la humedad y como ligador o espesante.
- Propiedades:
  - Forma física: Polvo suave con un 91% menor que 100 mallas.
  - Color: Beige, ligeramente amarillo.
- Ingredientes: Fibra cítrica, goma xantán.
- Información nutricional: véase Tabla N° 2.

(Fiberstar, 2009)

Para ver especificación técnica de proveedor, véase Anexo 1.

**Tabla N° 2:** Resultados analíticos típicos para Citri-fi 300 FG

<b>COMPONENTE</b>	<b>100 g</b>
Energía (Kcal)	227
Proteínas (g)	7,38
Carbohidratos totales (g)	82,55
Grasa total (g)	1,08
Grasa saturada (g)	0,31
Grasas trans (g)	0
Grasa monoinsaturada (g)	0,34
Grasa poliinsaturada (g)	0,38
Fibra dietaria total (g)	75,3
Fibra soluble (g)	39,6
Fibra insoluble (g)	35,7
Sodio (mg)	40,6

**Fuente:** Fiberstar, 2009

## **2.4. La mayonesa**

De acuerdo al Reglamento Sanitario de los Alimentos en Chile, se define mayonesa como la emulsión de aceite comestible en huevo y agua, adicionada de vinagre, jugo de limón, otros ácidos orgánicos, sal comestible, condimentos y aditivos. Se permite la adición de caroteno y otros aditivos autorizados (RSA, 2008).

Las emulsiones son dispersiones de una fase líquida en otra también líquida e inmisible con la primera. La mayonesa es una emulsión de aceite en agua que alcanza una elevada densidad gracias a la poderosa acción estabilizadora de fosfolípidos (lecitina) de la yema de huevo. Las emulsiones son las mas inestables de las dispersiones (junto con las espumas) debido a la elevada tensión superficial entre aceite y agua, y solo se dan en presencia de un estabilizador eficiente que aparece de forma natural o se pueden agregar, siendo compuestos particularmente eficientes los

mono y diglicéridos, polisorbatos, algunas proteínas, fosfolípidos y esteres de sacarosa o de otros azúcares (Camacho y cols., 2008).

Actualmente Chile ocupa el primer lugar en consumo de mayonesas a nivel latinoamericano y tercero en ranking mundial. Siendo las variedades light y libre de colesterol las que han mostrado un firme crecimiento en los últimos años, debido a la mayor preocupación de la gente por cuidar su dieta alimenticia.

Durante los últimos años la mayonesa envasada se ha transformado en un producto altamente masivo, presente en la mayoría de los hogares chilenos. Sin duda es un mercado robusto que ha tenido que ir innovando en formatos y contenidos para generar nuevas propuestas que tientes a los distintos tipos de consumidores.

La mayonesa entró a Chile en la década de los ochenta y el despegue de su consumo se dio con la apertura de los locales de comida rápida y con el uso de la mayonesa trabajada en plantas industriales, debido a que en estos lugares se empezó a elaborar con componentes que permiten una mayor durabilidad ya que es sabido que la mayonesa hecha en casa dura con suerte algunas horas (El Mercurio, 2008).

## **CAPÍTULO III: OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

### **3.1. Objetivos**

#### **3.1.1. Objetivo general**

Aplicar un sustituto graso a base de fibra de naranja (Citri-fi) en mayonesa y estudiar sus propiedades texturales y sensoriales, con el fin de compararla con una mayonesa que no contenga este sustituto.

#### **3.1.2. Objetivos específicos**

- Realizar ensayos preliminares a nivel piloto para determinar formulación de mayonesa a utilizar (muestra control).
- Realizar formulaciones de mayonesa con distintas concentraciones del sustituto graso (muestras ensayo).
- Caracterizar fisicoquímicamente la muestra control y las muestras elaboradas con sustituto graso (muestras ensayo).
- Evaluar mediante análisis de propiedades texturales y evaluación sensorial, la muestra control y muestras elaboradas con sustituto graso (muestras ensayo).

### **3.2. Hipótesis del estudio**

Es posible aplicar un sustituto graso a base de fibra de naranja (Citri-fi) en mayonesa, manteniendo las propiedades texturales y sensoriales de una mayonesa elaborada sin este sustituto.

## **CAPÍTULO IV: MATERIALES Y METODOLOGÍA**

### **4.1. Materias Primas**

- Aceite vegetal (90% soya – 10% maravilla), Gente de la Pampa S.A.
- Agua potable.
- Huevo entero + 50% yema líquido pasteurizado, Premium S.A.
- Sal común fina, Sociedad Punta de Lobos S.A.
- Vinagre incoloro 10°, Juan Bas Alimentos S.A.
- Azúcar granulada blanca grado 2, Agrocomerce S.A.
- Ácido fosfórico 85% grado alimenticio, Oxiquim S.A.
- Jugo de limón concentrado, Duas Rodas S.A.
- Conservantes (sorbato de potasio, benzoato de sodio), Oxiquim S.A.
- E.D.T.A. de calcio disódico, Prinal S.A.
- Condimentos (cebolla y ajo en polvo, pimienta negra molida), Gutland S.A.
- Esencia de mostaza, Symrise S.A.
- Betacaroteno líquido al 30%, Granotec S.A.
- Fibra de naranja (Citri-fi 300 FG), Citri-fi Chile S.A.

### **4.2. Reactivos**

- Hidróxido de sodio 0,1 N
- Nitrato de plata 0,1 N
- Solución de fenolftaleína al 1% en etanol
- Dicromato de potasio



### **4.3. Equipos**

- Batidora profesional, Kitchen Aid heavy duty. Modelo: 5K5SS/5KPM5
- Batidora minipimer Braun. Modelo: MR 4050 CA
- Balanza de precisión Mettler Toledo. Modelo: FH – 600
- Consistómetro de bostwick, Aname Instrumentación Científica
- Viscosímetro digital Brookfield LVDV – I+ versión 5.1. Serie AT78847
- Lloyd instruments limited, Lloyd LR- 5K. Hampshire, England
- pH-metro Hanna Instruments, modelo HI 221

### **4.4. Materiales**

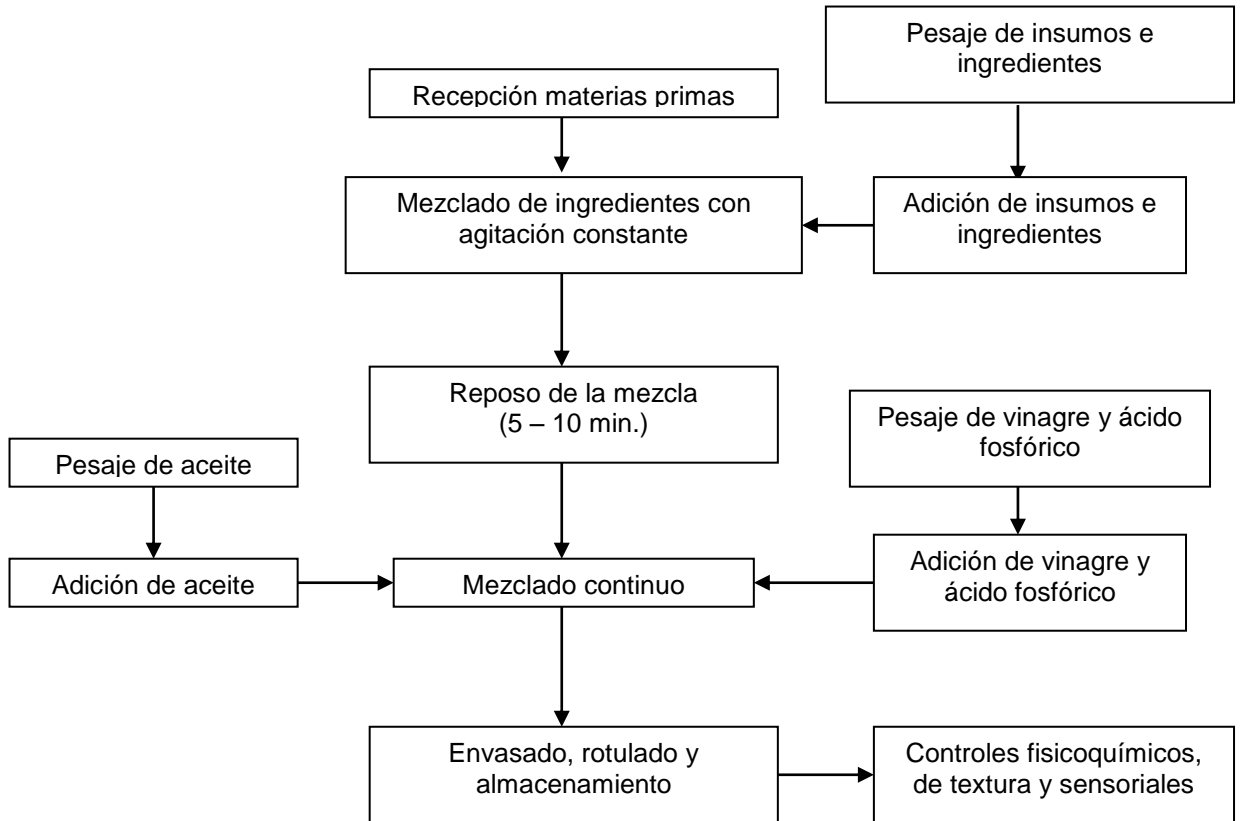
- Bureta y vasos de precipitado
- Recipientes de acero y plástico (Bowl)
- Frascos PET, vidrio
- Utensilios de cocina (cucharas, cuchillos, etc.)

### **4.5. Metodología**

#### **4.5.1. Etapa 1: Elaboración de la muestra control**

Se realizaron ensayos preliminares para determinar la formulación de la mayonesa a utilizar en este proyecto. Se trabajó con una fórmula base de conocimiento del autor, y se obtuvo así la muestra control de este proyecto.

#### 4.5.1.1. Diagrama de bloques muestra control



#### 4.5.1.2. Descripción diagrama de bloques muestra control

- Recepción materias primas: Todas las materias primas fueron obtenidas de los proveedores mencionados anteriormente y se almacenaron en un lugar fresco y seco hasta su uso.
- Pesaje de ingredientes: Se pesaron todos los ingredientes secos, junto con el agua y el huevo de acuerdo a la formulación.
- Mezclado con agitación constante: Primeramente se dosificó el agua en el recipiente de preparación, luego se agregó preservantes y secuestrante (E.D.T.A.). Se agitó hasta su completa disolución con batidora Minipimer. Posteriormente se incorporó aditivos tales como: sal, azúcar, jugo de limón concentrado, condimentos (cebolla, ajo, pimienta, etc.) y esencia de mostaza. Se agitó nuevamente con

batidora Minipimer. Finalmente, se agregó el huevo líquido pasteurizado y el Betacaroteno al 30% (diluido en aceite), todos según formulación.

- Reposo de la mezcla: Se agitó la mezcla obtenida anteriormente en batidora Kitchen Aid hasta la completa disolución de todos los ingredientes, luego, se dejó reposar aproximadamente 5 a 10 minutos.
- Pesaje de aceite, vinagre y ácido fosfórico: Se pesó la cantidad de aceite y vinagre por separado según formulación. El vinagre incoloro 10° se mezcló con la cantidad total de ácido fosfórico 85%.
- Mezclar continuamente: Primeramente se agregó el aceite a la mezcla, siempre en agitación constante, y en forma lenta y continua. Posteriormente se agregó el vinagre junto con el ácido fosfórico, siempre manteniendo la agitación.
- Envasado, rotulado y almacenamiento: Una vez alcanzada la consistencia requerida, se detuvo el motor de la batidora y se retiró el recipiente para el posterior envasado de las muestras. Se envasó en los potes específicos para el producto. Se rotularon las muestras y se almacenaron en ambiente fresco y seco. Una vez abiertas, las muestras deberán ser refrigeradas.

#### **4.5.2. Etapa 2: Elaboración de muestras ensayo**

Se obtuvo como dato por parte del proveedor, que Citri-fi es capaz de reemplazar entre 9 y 12 partes de agua, según el producto donde se utilice, sin embargo, en los ensayos realizados se determinó que el reemplazo sería de 8 partes de agua, reemplazando así un 25%, 35% y 45% de aceite en cada fórmula de la muestra ensayo respectiva, según la siguiente fórmula:

$$CF = A / 8$$

Donde:

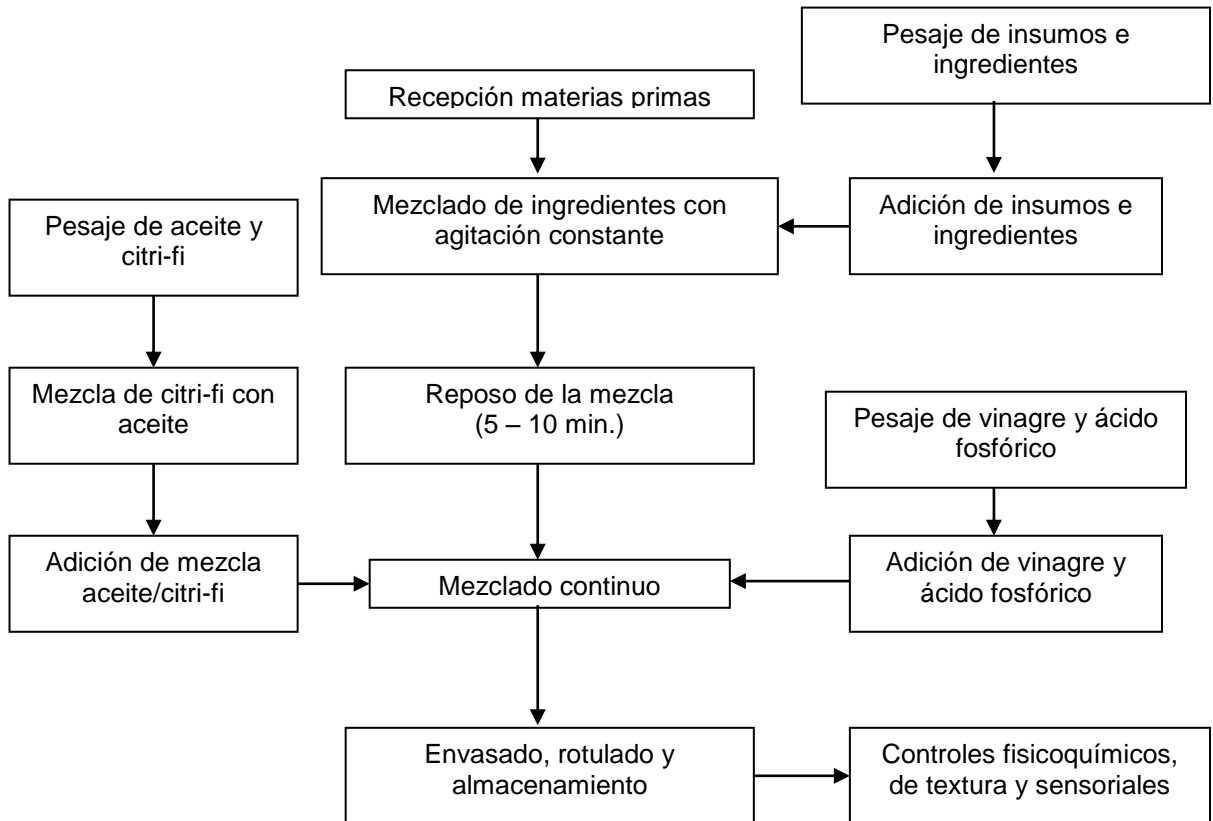
CF: Gramos de Citri-fi a utilizar

A: Volumen de aceite reemplazado

Así, se obtuvo la cantidad de Citri-fi a usar para el reemplazo de los distintos % de aceite en cada muestra ensayo.

Por otro lado, se utilizó como fórmula base la mayonesa obtenida en el punto anterior. Así, se realizaron las muestras ensayo reemplazando parte del aceite por distintas concentraciones del sustituto graso Citri-fi.

#### 4.5.2.1. Diagrama de bloques muestras ensayo



#### 4.5.2.2. Descripción diagrama de bloques muestras ensayo

- Recepción materias primas: Todas las materias primas fueron obtenidas de los proveedores mencionados anteriormente y se almacenaron en un lugar fresco y seco hasta su uso.
- Pesaje de ingredientes: Se pesaron todos los ingredientes secos, junto con el agua y el huevo de acuerdo a la formulación.
- Mezclado con agitación constante: Primeramente se dosificó el agua en el recipiente de preparación, luego se agregó preservantes y secuestrante (E.D.T.A.).

Se agitó hasta su completa disolución con batidora Minipimer. Posteriormente se incorporó aditivos tales como: sal, azúcar, jugo de limón concentrado, condimentos (cebolla, ajo, pimienta, etc.) y esencia de mostaza. Se agitó nuevamente con batidora Minipimer. Finalmente, se agregó el huevo líquido pasteurizado y el Betacaroteno al 30% (diluido en aceite), todos según formulación.

- Reposo de la mezcla: Se agitó la mezcla obtenida anteriormente en batidora Kitchen Aid hasta la completa disolución de todos los ingredientes, luego, se dejó reposar aproximadamente 5 a 10 minutos.
- Pesaje de aceite, vinagre y ácido fosfórico: Se pesó la cantidad de aceite según formulación y se agregó la cantidad de Citri-Fi de acuerdo al porcentaje de aceite a reemplazar (25%, 35% o 45%). Se disolvió la fibra en el aceite. Luego, en forma separada se pesó el vinagre según formulación. El vinagre incoloro 10° se mezcló con la cantidad total de ácido fosfórico 85%.
- Mezclar continuamente: Primeramente se agregó la mezcla de aceite/citri-fi, siempre en agitación constante y en forma lenta y continua. Posteriormente se agregó el vinagre junto con el ácido fosfórico, siempre manteniendo la agitación.
- Envasado, rotulado y almacenamiento: Una vez alcanzada la consistencia requerida, se detuvo el motor de la batidora y se retiró el recipiente para el posterior envasado de las muestras. Se envasó en los potes específicos para el producto. Se rotularon las muestras y se almacenaron en ambiente fresco y seco. Una vez abiertas, las muestras deberán ser refrigeradas.

### **4.5.3. Etapa 3: Caracterización fisicoquímica de las muestras control y ensayo**

#### **4.5.3.1. Determinación de % acidez acética titulable**

Esta determinación se realizó mediante un método volumétrico, estimado según la AOAC (942.15), de acuerdo al cual se realizó el siguiente procedimiento:

- Se pesó 1 g aprox. de muestra en un matraz erlenmeyer.
- Se completó con agua destilada hasta 100 ml y se agitó hasta disolver la muestra.
- Se agregó una a dos gotas de fenolftaleína al 1% y se agitó.
- Se tituló con NaOH 0,1 N hasta viraje a color rosado.

- Finalmente se calculó % de acidez acética según la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Aa} = b * N * 6 / c$$

Donde:

% Aa: % Acidez acética

b: ml NaOH gastados

N: Normalidad NaOH utilizado (0,1 N)

c: g de muestra pesados

6 → Factor acético

Las mediciones se realizaron en triplicado, para luego obtener una desviación estándar del promedio.

#### **4.5.3.2. Determinación de % sal**

Esta determinación se realizó mediante un método volumétrico, estimado según la AOAC (971.27), de acuerdo al cual se realizó el siguiente procedimiento:

- Se pesó 1 g aprox. de muestra en un matraz erlenmeyer.
- Se completó con agua destilada hasta 100 ml y se agitó hasta disolver la muestra.
- Se agregó solución de dicromato de potasio y se agitó.
- Se tituló con  $\text{AgNO}_3$  0,1 N hasta viraje a color anaranjado.
- Finalmente se calculó % de sal según la siguiente fórmula:

$$\% \text{ S} = d * N * 5,845 / e$$

Donde:

% S: % Sal

d: ml  $\text{AgNO}_3$  gastados

N: Normalidad  $\text{AgNO}_3$  utilizado (0,1 N)

e: g de muestra pesados

Las mediciones se realizaron en triplicado, para luego obtener una desviación estándar del promedio.

#### **4.5.3.3. Determinación de pH**

Esta determinación se realizó mediante un método potenciométrico, estimado según la AOAC (981.12), que básicamente consistió en medir el pH en un pH-metro, midiendo la diferencia de potencial o voltaje, registrada por dos electrodos sumergidos en una solución de muestra. Uno de los electrodos es de referencia e independiente del pH de la solución analizada, el otro es sensible a la concentración molar de iones hidrógenos de la solución. La medición se realizó a 20° C.

Las mediciones se realizaron en triplicado, para luego obtener una desviación estándar del promedio.

#### **4.5.3.4. Determinación de consistencia**

Para realizar la medición de este parámetro, se utilizó el método de consistómetro de bostwick. El procedimiento es el siguiente: se puso la muestra a evaluar en la cámara del bostwick nivelado, se abrió el diafragma y se encendió el cronómetro. Se registró la distancia (en centímetros) sobre la que fluyó la muestra en 30 segundos. Las muestras con bajo valor de bostwick tienen una consistencia elevada y viceversa. Las mediciones se realizaron a 20° C.

Las mediciones se realizaron en triplicado, para luego obtener una desviación estándar del promedio.

#### **4.5.4. Etapa 4: Evaluación de las propiedades texturales**

Se midieron las propiedades texturales de la muestra control y las muestras ensayo, con el fin de estudiar la efectividad del sustituto graso en las mayonesas. Para tal efecto, se midió en condiciones estacionarias la fuerza de resistencia a la mayonesa (prueba textural), lo que otorgó información sobre la estructura y dureza del elemento, y la viscosidad de la misma a 20° C, es decir en un solo punto, para obtener una comparación entre la muestra control y las muestras ensayo.

Las mediciones se realizaron en triplicado, para luego obtener una desviación estándar del promedio.

#### **4.5.4.1. Pruebas realizadas en equipo universal Lloyd LR – 5K**

Para la medición de la fuerza de resistencia, se utilizó el equipo universal Lloyd LR-5K con una célula de carga de 100 N, ubicado en el Laboratorio de Procesos de Alimentos. Se fijaron ciertas condiciones de trabajo:

- En cada muestra de mayonesa, se realizaron tres mediciones texturales a una velocidad de penetración del pistón de 60 mm/min, valor obtenido dentro de un rango de velocidades establecido para evitar la destrucción estructural de la muestra antes de alcanzar el estado estacionario, lo cual ocurre a velocidades de cizalla mayores (González, 1997).
- Se utilizó un pistón de 12 mm de diámetro.
- Las muestras fueron analizadas a una temperatura de  $20^{\circ}\text{C} \pm 0,1^{\circ}\text{C}$ .

El equipo Lloyd está conectado a un computador que posee un software capaz de entregar los resultados obtenidos de las mediciones realizadas a las muestras. El parámetro escogido en este análisis corresponde a la fuerza máxima de resistencia.

#### **4.5.4.2. Pruebas realizadas en viscosímetro de Brookfield**

Para la medición de la viscosidad, se utilizó el viscosímetro rotacional Brookfield, ubicado en el Laboratorio del Instituto de Investigaciones y Ensayos Farmacológicos (IDIEF). Las condiciones de trabajo fueron las siguientes:

- En cada muestra de mayonesa, se realizaron mediciones de viscosidad en un punto, para lo cual se utilizó el husillo S64 y una velocidad de 2,5 rpm, que fue la más apropiada para este tipo de fluidos.
- Las mediciones se realizaron en duplicado en intervalos de diez segundos durante un tiempo total de un minuto, en donde se fueron obteniendo los valores de viscosidad en centipoise (cP) y luego se calculó un promedio de la viscosidad de cada muestra y se realizó la comparación mediante análisis estadístico.
- Las muestras fueron analizadas a una temperatura de  $20^{\circ}\text{C} \pm 0,1^{\circ}\text{C}$ .

Ambos laboratorios nombrados se encuentran ubicados en la facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la Universidad de Chile.



#### **4.5.5. Etapa 5: Análisis sensorial**

Se realizó un análisis sensorial de las mayonesas con y sin sustituto graso, para así comparar las respuestas obtenidas de los jueces, con los valores obtenidos según las mediciones en los equipos.

Las evaluaciones fueron llevadas a cabo mediante un test de diferencias contra control, específicamente el test de comparación múltiple, con un panel de 8 jueces entrenados.

Este test mide diferencia en base a más de tres estímulos, pudiendo llegar a 6 incluyendo el control. Permite detectar diferencias de intensidad moderada, cuando hay pequeños efectos entre las muestras. Al juez se le informa cuál es el control, y éste se incluye de nuevo entre las muestras que se degustan, siendo un control escondido entre las muestras a evaluar.

Así, se evaluaron los parámetros de apariencia, color, sabor, olor, textura y sinéresis. Se realizó una ficha de evaluación (Anexo 2), en la que se presentó una escala de 0 a 5, partiendo del 0 en donde no existen diferencias con el control, hasta el 5 en donde existe una diferencia extremadamente grande con el control. Además, se pidió que el juez señalara si la muestra es igual, superior o inferior al estándar.

#### **4.5.6. Etapa 6: Análisis estadístico**

Los datos obtenidos de la medición de parámetros fisicoquímicos, evaluación de textura y evaluación sensorial fueron analizados estadísticamente con el programa Statgraphics Plus 4.0, mediante un análisis de varianza de dos vías, con un nivel de significancia del 5%, ANOVA, para establecer diferencias estadísticamente significativas entre jueces y muestras, de no ser así, las respuestas podrían ser tratadas como un promedio y se expresan como diferencias contra el control (Tadini y col., 2006).

Luego de este análisis puede establecerse entonces el porcentaje óptimo de sustituto graso a aplicar en mayonesas, obteniendo así el producto optimizado.

## CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Elaboración de la muestra control

Una vez realizada las pruebas necesarias a nivel piloto, se obtiene la fórmula de la muestra control (ver tabla N° 3), que servirá de referencia para poder comparar las muestras del estudio.

**Tabla N° 3:** Fórmula de muestra control de mayonesa obtenida mediante ensayos y conocimiento del autor.

Ingrediente	%
Aceite vegetal	70,0
Huevo entero + 50% yema pasteurizada	13,0
Agua	12,8
Sal común fina	1,5
Vinagre incoloro 10°	1,3
Azúcar granulada blanca	0,7
Ácido fosfórico 85%	0,3
Jugo de limón concentrado	0,3
Sorbato de potasio	0,05
Benzoato de sodio	0,05
EDTA	0,008
Cebolla en polvo	0,008
Pimienta negra molida	0,008
Ajo en polvo	0,008
Esencia de mostaza	0,005
Betacaroteno al 30%	0,003

### 5.2. Elaboración de las muestras ensayo

Una vez obtenida la fórmula de la muestra control, se utiliza ésta como base para elaborar las muestras ensayo con los distintos porcentajes de Citri-fi a agregar, de

acuerdo a la cantidad de aceite que se quiera reemplazar. A continuación, en la Tabla N° 4, se presentan estas fórmulas junto con la fórmula control:

**Tabla N° 4:** Comparación de fórmulas de muestra control y muestras ensayo.

	<b>Muestra Control</b>	<b>Reemplazo 25% Aceite</b>	<b>Reemplazo 35% Aceite</b>	<b>Reemplazo 45% Aceite</b>
<b>Ingrediente</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
<b>Aceite vegetal</b>	<b>70,0</b>	<b>52,5</b>	<b>45,5</b>	<b>38,5</b>
Huevo entero + 50% yema pasteurizada	13,0	13,0	13,0	13,0
<b>Agua</b>	<b>12,8</b>	<b>28,1</b>	<b>34,2</b>	<b>40,3</b>
<b>Citri - fi</b>	<b>0</b>	<b>2,2</b>	<b>3,1</b>	<b>3,9</b>
Sal común fina	1,5	1,5	1,5	1,5
Vinagre incoloro 10°	1,3	1,3	1,3	1,3
Azúcar granulada blanca	0,7	0,7	0,7	0,7
Ácido fosfórico 85%	0,3	0,3	0,3	0,3
Jugo de limón concentrado	0,3	0,3	0,3	0,3
Sorbato de potasio	0,05	0,05	0,05	0,05
Benzoato de sodio	0,05	0,05	0,05	0,05
EDTA	0,008	0,008	0,008	0,008
Cebolla en polvo	0,008	0,008	0,008	0,008
Pimienta negra molida	0,008	0,008	0,008	0,008
Ajo en polvo	0,008	0,008	0,008	0,008
Esencia de mostaza	0,005	0,005	0,005	0,005
Betacaroteno al 30%	0,003	0,003	0,003	0,003

Como se observa en la Tabla N° 4, la cantidad de agua va en aumento a medida que se reemplaza un mayor porcentaje de aceite en las formulaciones, ya que la cantidad de Citri – Fi a agregar es tan baja, que el resto se va reemplazando con agua. Mientras la cantidad de aceite disminuye hasta en un 45%, la cantidad de agua aumenta hasta en un 215%, lo cual puede ser riesgoso para el producto, ya que al aumentar la cantidad de agua, disminuirían los parámetros de acidez y sal del mismo, al estar más diluido, lo que a su vez causaría un incremento del pH, impidiendo así que los preservantes utilizados no cumplan con su función en el producto, ya que actúan mejor a pH bajo 4,0 – 4,5 (Schmidt-Hebbel, 1990). Debido a esto, se realizó un análisis

fisicoquímico a todas las muestras con el fin de determinar que la fibra de naranja retiene la totalidad de exceso de agua adicionada, manteniendo así en las muestras ensayo los mismos parámetros de acidez, sal y pH que en la muestra control.

### 5.3. Caracterización fisicoquímica de las muestras

A continuación se presentan los resultados obtenidos de las mediciones de parámetros fisicoquímicos a las muestras control y ensayo.

**Tabla N° 5:** Medias aritméticas y desviación estándar de mediciones de parámetros fisicoquímicos de: muestra control (M), muestra ensayo 1 - reemplazo de 25% aceite (B), muestra ensayo 2 – reemplazo 35% aceite (A) y muestra ensayo 3 – reemplazo 45% aceite (C), a 20° C.

Parámetro	Promedios de mediciones y su desviación estándar a 20° C			
	M	B	A	C
<b>Acidez acética (%)</b>	0,49 ± 0,015	0,49 ± 0,01	0,50 ± 0,02	0,49 ± 0,02
Diferencias significativas frente a M	-	NO	NO	NO
<b>Sal (%)</b>	1,65 ± 0,01	1,67 ± 0,02	1,66 ± 0,01	1,67 ± 0,03
Diferencias significativas frente a M	-	NO	NO	NO
<b>pH</b>	3,55 ± 0,021	3,56 ± 0,02	3,54 ± 0,01	3,54 ± 0,01
Diferencias significativas frente a M	-	NO	NO	NO
<b>Consistencia (cm)</b>	2,23 ± 0,25	1,57 ± 0,12	1,53 ± 0,06	2,23 ± 0,25
Diferencias significativas frente a M	-	SI	SI	NO

Según lo observado en la tabla N° 5, se aprecia a simple vista que no existen mayores diferencias entre las mediciones de las muestras para los parámetros de acidez, sal y pH, siendo los valores de mediciones de las muestras ensayo muy similares al control, lo cual se corrobora con el análisis estadístico realizado (Anexo 3), en donde se observa que no existen diferencias significativas entre las muestras para ninguno de estos parámetros medidos.

Con este resultado se puede deducir que si ninguno de estos parámetros medidos cambió al agregar más agua a las muestras ensayo, a medida que se reemplazó el aceite, entonces la fibra de naranja agregada fue capaz de retener el agua extra adicionada a cada formulación, manteniendo así el porcentaje de acidez, sal y pH original de la muestra control, ya que los ácidos y sal agregados por formulación no fueron diluidos por el agua adicional.

Distinto es para el caso de la consistencia, donde sí se presentan diferencias mayores. Según lo observado en la tabla N° 5, existen diferencias entre las mediciones, salvo para la muestra C, que tiene el mismo valor para el parámetro medido que el control.

Al realizar el análisis estadístico (Anexo 3), se observa que existen diferencias significativas entre B - C, B - M (muestra control), A - C y A - M (muestra control). De este cuarteto de muestras distintas, las que más importan son las diferencias significativas que existen entre B y A contra M, ya que el resto es diferencia entre muestras ensayo y lo que se quiere comparar es diferencias contra la muestra control.

Este resultado puede estar relacionado directamente con la capacidad espesante que además tiene la fibra de naranja, ya que las muestras que presentan diferencias con el patrón son las que contienen menos cantidad de agua adicional y están más espesas que el patrón, en cambio la muestra C contiene mucha más agua, por lo que la fibra posiblemente no fue capaz de espesar el producto por completo, o simplemente demora más el proceso en el que el producto adquiriera una consistencia espesa, obteniendo así una consistencia más parecida al patrón, que no contiene ningún tipo de espesante y logra su consistencia solamente gracias a la adición de aceite y huevo.

#### **5.4. Evaluación de Propiedades Texturales**

##### **5.4.1. Pruebas Realizadas en Equipo Universal Lloyd LR – 5K**

A continuación se presentan los resultados obtenidos de las mediciones de fuerza de resistencia a las muestras control y ensayo.

**Tabla N° 6:** Medias aritméticas y desviación estándar de mediciones de fuerza máxima de resistencia de: muestra control (M), muestra ensayo 1 - reemplazo de 25% aceite (B), muestra ensayo 2 – reemplazo 35% aceite (A) y muestra ensayo 3 – reemplazo 45% aceite (C), a 20° C.

Muestras	Promedios de mediciones y su desviación estándar a 20° C	Diferencias significativas frente a M
	Fuerza máxima (N)	
M	0,13 ± 0,01	-
B	0,16 ± 0,01	SI
A	0,11 ± 0,01	SI
C	0,10 ± 0,01	SI

Según lo observado en la tabla N° 6, existen marcadas diferencias entre las mediciones. Al realizar el análisis estadístico (Anexo 4), se observa que sí existen diferencias significativas entre todas las muestras ensayo y la muestra control, con un nivel de significancia de 5%.

Se puede establecer que la muestra que presenta mayor fuerza de resistencia que la muestra control es B, mientras que A y C presentan una menor fuerza de resistencia. Por lo tanto el efecto esperado de la fibra agregada, como realzante de la consistencia, no ha surtido el efecto esperado. Esto se debe a que algún factor ha influido en su comportamiento de espesante. Se debe recordar que Citri-fi es una mezcla entre fibra cítrica y goma xántica, cuya proporción no fue entregada por el proveedor, sin embargo al estar agregando mayor concentración de esta fibra se aumenta de todas maneras la cantidad de goma xántica, por lo que puede ocurrir un fenómeno de complejación que producen las proteínas provenientes del huevo en la mayonesa. Dicha reacción se produce debido a que la goma xántica es un hidrocoloide de carácter iónico (aniónico), por lo que las proteínas del huevo se unen a los sitios cargados de la goma formando así el complejo, el cual es insoluble y precipita, disminuyendo así su efecto tecnológico (González, 1997). Un método para solucionar este efecto es probando la adición de otras gomas o hidrocoloides que aporten mayor consistencia al producto una vez que se agregue mayor cantidad de agua al mismo.

Los resultados obtenidos pueden deberse también a la estructura no homogénea de la mayonesa dentro del recipiente de medición, en este caso un vaso de precipitado, ya que existe la presencia de burbujas de aire, por lo cual el pistón

puede penetrar en zonas donde existen éstas (valores de fuerza máxima bajos) o donde hay efectivamente mayonesa (valores de fuerza máxima altos).

#### 5.4.2. Pruebas realizadas en viscosímetro de Brookfield

A continuación se presentan los resultados obtenidos de las mediciones de viscosidad a las muestras control y ensayo.

**Tabla N° 7:** Medias aritméticas y desviación estándar de mediciones de viscosidad de: muestra control (M), muestra ensayo 1 - reemplazo de 25% aceite (B), muestra ensayo 2 – reemplazo 35% aceite (A) y muestra ensayo 3 – reemplazo 45% aceite (C), a 20° C.

Muestras	Promedios de mediciones y su desviación estándar a 20° C	Diferencias significativas frente a M
	Viscosidad (cP)	
M	180.214 ± 12.367	-
B	95.700 ± 6.676	SI
A	85.321 ± 21.019	SI
C	59.789 ± 7.639	SI

Según lo observado en la tabla N° 7, existen marcadas diferencias entre las mediciones. Al realizar el análisis estadístico (Anexo 4), se observa que sí existen diferencias significativas entre todas las muestras ensayo y la muestra control.

Se observa que a medida que disminuye la cantidad de aceite, la viscosidad se hace cada vez menor, lo cual se debe a que la cantidad de agua va siendo mayor a medida que se va reemplazando el aceite y se va agregando Citri-fi.

A pesar de que este agente tiene como función actuar como espesante y emulsificante, esto no se ve reflejado en estos resultados, lo que puede deberse a la estructura que puede formar la fibra en el producto, ya que como se ha dicho en otra oportunidad, la mayonesa al ser una emulsión, corresponde a un fluido pseudoplástico, los cuales se caracterizan porque su viscosidad aparente decrece cuando aumenta el gradiente de velocidad de deformación, comportamiento que indica una ruptura o reorganización continua de la estructura, dando como resultado una menor resistencia

al flujo, y es debido a la presencia de sustancias de alto peso molecular así como a la dispersión de sólidos en la fase sólida. Por lo tanto, si las muestras tienen menos aceite, independiente de que se adquiriera una consistencia semejante al control, el husillo que mide la viscosidad demorará más en romper la estructura de las fibras que del aceite. Esto se puede comparar con los resultados de la medición de la consistencia, en donde se tiene que la muestra que tiene más agua es la más parecida al patrón en este parámetro, sin embargo las otras dos muestras con menor cantidad de agua, son más consistentes que el patrón, lo cual se debe a la capacidad espesante de la fibra, sin embargo esto no hace que el producto sea más viscoso.

Además, como se dijo anteriormente, se forma una estructura no homogénea de la mayonesa dentro del recipiente de medición, ya que existe la presencia de burbujas de aire, por lo cual el husillo puede girar en zonas donde existen éstas, o donde efectivamente hay mayonesa, proporcionando valores incoherentes en las mediciones.

## 5.5. Evaluación Sensorial

Después de realizar los análisis fisicoquímicos y texturales a las muestras, se procede a evaluarlas sensorialmente. La evaluación se realizó una semana después de su elaboración.

A continuación, en la tabla N° 8, se describen las muestras evaluadas sensorialmente mediante el test de diferencias, método de comparación múltiple.

**Tabla N° 8:** Descripción del producto para cada muestra evaluada sensorialmente, mediante test de diferencias con método de comparación múltiple.

<b>Muestra</b>	<b>Descripción</b>
M	Muestra Control (70% Aceite)
A	Muestra con Reemplazo 35% Aceite
B	Muestra con Reemplazo 25% Aceite
C	Muestra con Reemplazo 45% Aceite
D	Muestra Control Escondida (70% Aceite)



Para revisar la escala de evaluación utilizada ver anexo 1, en donde se encuentra la ficha de evaluación utilizada.

Se evaluaron los siguientes atributos: Apariencia, Color, Sabor, Olor, Textura y Sinéresis, evaluando además si las muestras son inferiores, iguales o superiores al control. A continuación se muestran los resultados por atributo.

- **Apariencia:**

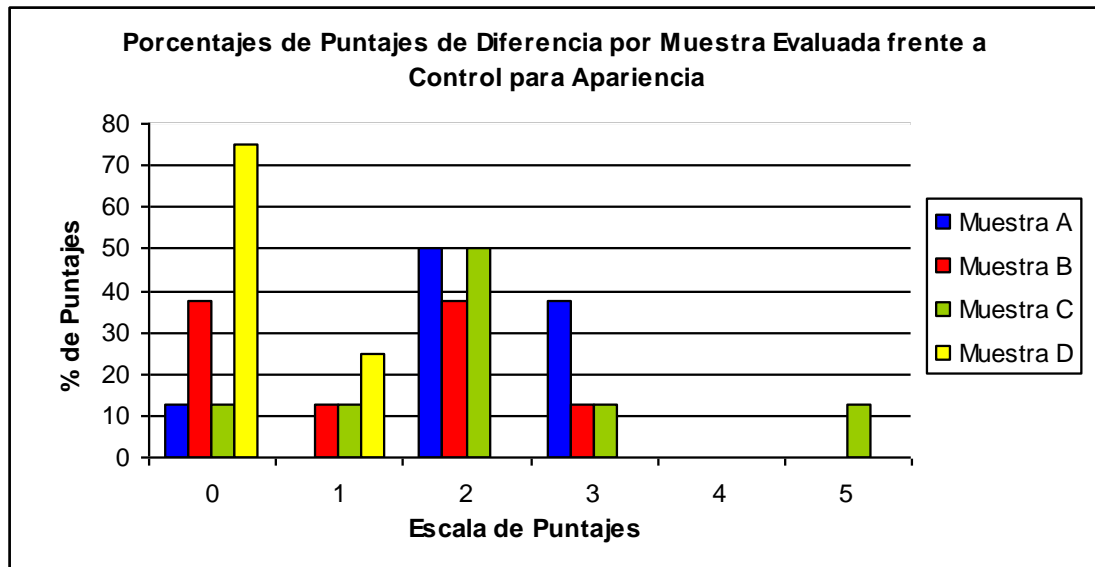
A continuación se presentan los resultados obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo apariencia.

**Tabla N° 9:** Resultados por juez y por muestra para el atributo de **APARIENCIA**, obtenidas de evaluación sensorial, mediante test de diferencias con método de comparación múltiple.

	<b>Muestra A</b>	<b>Muestra B</b>	<b>Muestra C</b>	<b>Muestra D</b>
<b>Juez</b>	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Puntaje
<b>I</b>	2	2	2	0
<b>II</b>	2	3	2	1
<b>III</b>	0	0	0	0
<b>IV</b>	3	0	5	0
<b>V</b>	2	1	2	0
<b>VI</b>	3	2	3	1
<b>VII</b>	3	0	1	0
<b>VIII</b>	2	2	2	0
<b>PROMEDIO</b>	2,1	1,2	2,1	0,2
<b>Diferencias significativas frente a M para muestra</b>	SI	SI	SI	NO

A continuación, se presentan graficados los datos de la tabla N° 9 (en porcentaje) y luego los resultados del análisis estadístico (Anexo 5).

**Figura N° 1:** Porcentaje de puntajes de diferencia para muestras A, B, C y D con respecto a M (muestra control) en atributo **APARIENCIA**.



Según se observa en la figura N° 1, las muestras A y C presentan un mayor porcentaje en la evaluación del puntaje 2 (50%), el cual dice que *existe diferencia leve* entre la muestra y el control. Sin embargo, la muestra B presenta un porcentaje mayor en la evaluación del puntaje 0 (37,5%), el cual dice que *no existe diferencia* entre la muestra y el control. Finalmente, la muestra D, al ser el control oculto dentro de las muestras a evaluar, no debería presentar diferencias con el control, y efectivamente presentó un mayor porcentaje para el puntaje 0 (75%), el cual dice que *no existe diferencia* entre la muestra y el control. Según este análisis se puede estimar entonces que para el atributo de apariencia, la muestra B es la menos diferente del patrón.

Ahora, de acuerdo al análisis estadístico realizado (Anexo 5), se determina que no existen diferencias significativas entre jueces para el atributo de apariencia, pero sí existen diferencias significativas entre todas las muestras ensayo (A, B y C) y la muestra control (D) a un nivel de confianza de 95%. Sin embargo, la muestra B es la que presenta menor diferencia con el control (a pesar de tener diferencias significativas).

Estos resultados pueden deberse a diversos factores, como por ejemplo, la granulometría de las muestras ensayo, ya que éstas presentan textura granular a

medida que contienen más fibra, lo cual se debe a que al estar preparadas a nivel piloto, la mezcla no es bien homogenizada, a diferencia de una preparación a nivel industrial, en donde se utiliza un molino durante la elaboración, cuya función es homogenizar el producto. Sin embargo, el control, a pesar de haber sido preparado también a nivel piloto, no presenta textura granulada debido a que no contiene fibra en su formulación, presentando una apariencia mucho más pareja que las muestras. Así mismo, pudo haber afectado el brillo de las muestras y la cremosidad de las mismas.

- **Color:**

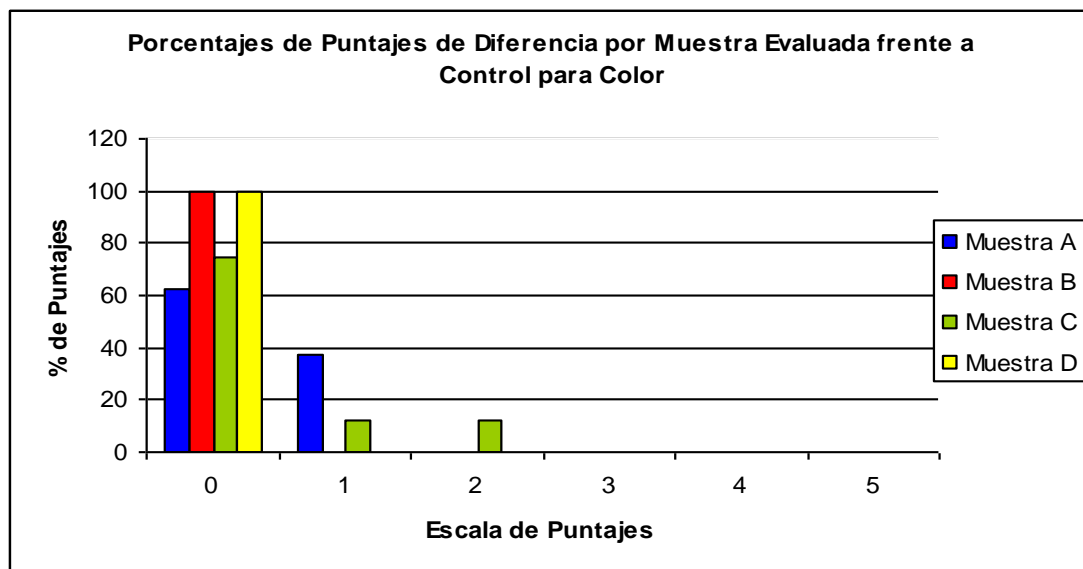
A continuación se presentan los resultados obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo de color.

**Tabla N° 10:** Resultados por juez y por muestra para el atributo de **COLOR**, obtenidas de evaluación sensorial, mediante test de diferencias con método de comparación múltiple.

	<b>Muestra A</b>	<b>Muestra B</b>	<b>Muestra C</b>	<b>Muestra D</b>
<b>Juez</b>	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Puntaje
<b>I</b>	0	0	0	0
<b>II</b>	1	0	2	0
<b>III</b>	0	0	0	0
<b>IV</b>	1	0	1	0
<b>V</b>	0	0	0	0
<b>VI</b>	0	0	0	0
<b>VII</b>	1	0	0	0
<b>VIII</b>	0	0	0	0
<b>PROMEDIO</b>	0,4	0	0,4	0
<b>Diferencias significativas frente a M para muestra</b>	NO	NO	NO	NO

A continuación, se presentan graficados los datos de la tabla N° 10 (en porcentajes) y luego los resultados del análisis estadístico (Anexo 5).

**Figura N° 2:** Porcentaje de puntajes de diferencia para muestras A, B, C y D con respecto a M (muestra control) en atributo **COLOR**.



Según se observa en la figura N° 2, las muestras A, B y C presentan un mayor porcentaje en la evaluación del puntaje 0 (A: 62,5%; B: 100% y C: 75%), el cual dice que *no existe diferencia* entre la muestra y el control, siendo la muestra B la que fue evaluada como igual al control M, cuya muestra oculta entre las demás (D) obtuvo también un mayor porcentaje para el puntaje 0 (100%). Según este análisis entonces, se puede estimar que para el atributo de color, la muestra B es la menos diferente del patrón D, a pesar de que las otras muestras no presentan grandes diferencias, pero aún así obtienen una diferencia mayor.

De acuerdo al análisis estadístico realizado (Anexo 5), se determina que no existen diferencias significativas entre jueces ni muestras para el atributo de color a un nivel de confianza de 95%, por lo que se asume entonces que todas las muestras ensayo son similares en color al control. Sin embargo, la muestra con menor valor de diferencia es la B.

Con este resultado se puede comprobar que la fibra cítrica, a pesar de provenir de la naranja y ser un polvo preparado de color beige, no aporta colores extraños al producto, por lo que en una producción con este producto no sería necesario agregar colorante extra a la mayonesa.

- **Sabor:**

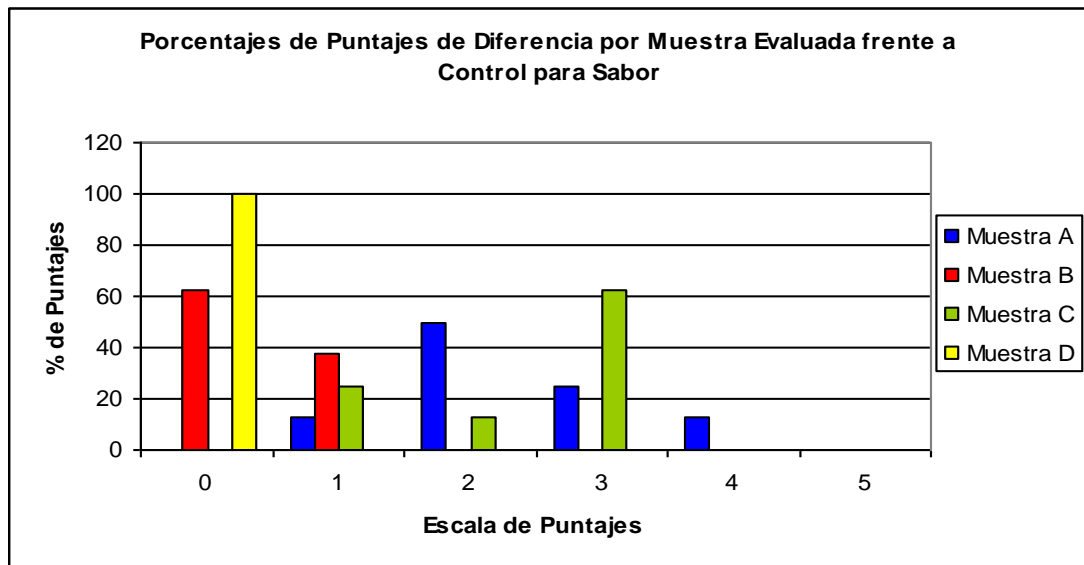
A continuación se presentan los resultados obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo de sabor.

**Tabla N° 11:** Resultados por juez y por muestra para el atributo de **SABOR**, obtenidas de evaluación sensorial, mediante test de diferencias con método de comparación múltiple.

	<b>Muestra A</b>	<b>Muestra B</b>	<b>Muestra C</b>	<b>Muestra D</b>
<b>Juez</b>	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Puntaje
<b>I</b>	3	0	3	0
<b>II</b>	2	1	3	0
<b>III</b>	2	0	2	0
<b>IV</b>	2	0	1	0
<b>V</b>	3	0	3	0
<b>VI</b>	2	0	1	0
<b>VII</b>	1	1	3	0
<b>VIII</b>	4	1	3	0
<b>PROMEDIO</b>	2,4	0,4	2,4	0
<b>Diferencias significativas frente a M para muestra</b>	SI	NO	SI	NO

A continuación, se presentan graficados los datos de la tabla N° 11 (en porcentajes) y luego los resultados del análisis estadístico (Anexo 5).

**Figura N° 3:** Porcentaje de puntajes de diferencia para muestras A, B, C y D con respecto a M (muestra control) en atributo **SABOR**.



Según se observa en la figura N° 3, la muestra A presenta un mayor porcentaje en la evaluación del puntaje 2 (50%), el cual dice que *existe diferencia leve* entre la muestra y el control. A su vez, la muestra B presenta un porcentaje mayor en la evaluación del puntaje 0 (62,5%), el cual dice que *no existe diferencia* entre la muestra y el control. Por otro lado, la muestra C presenta un porcentaje mayor en la evaluación del puntaje 3 (62,5%), el cual dice que *existe diferencia moderada* entre la muestra y el control. Por último, la muestra D, que corresponde al control oculto, presenta un 100% en la evaluación del puntaje 0, lo que es acorde a la evaluación, ya que corresponde a la muestra control a evaluar. Según este análisis entonces, se puede determinar que para el atributo de **SABOR**, la muestra B es la menos diferente del control M.

Lo anterior es reafirmado por los resultados obtenidos del análisis estadístico (Anexo 5), el cual arroja que no existen diferencias significativas entre jueces para un nivel de confianza del 95%. Sin embargo, se determina que sí hay diferencias significativas entre las muestras A y C y la muestra control, en cambio, la muestra B no presenta diferencias significativas con el control para el atributo de Sabor a un nivel de confianza de 95%.

El resultado obtenido se debe a que la muestra menos diferente del control, en este caso la muestra B, es aquella que sólo tiene un reemplazo del 25% de Aceite con respecto a la formulación original, por lo que el sabor aceitoso del producto se mantiene y por ende el sabor no se ve fuertemente afectado como en el resto de las muestras que tienen menor contenido de aceite. Con esto se puede apreciar que las diferencias de sabor pueden estar dadas específicamente por la intensidad del sabor del aceite (la grasa aporta el sabor a las comidas) y cualquier sabor que pueda aportar la fibra no será detectado fácilmente, sin embargo, la falta de aceite si puede ser detectado de inmediato.

- **Olor:**

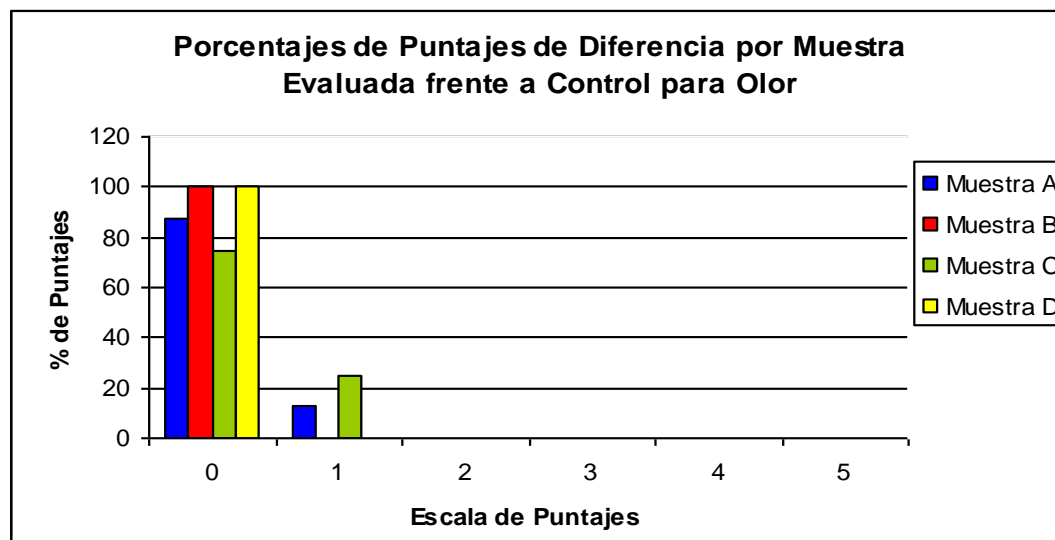
A continuación se presentan los resultados obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo de olor.

**Tabla N° 12:** Resultados por juez y por muestra para el atributo de **OLOR**, obtenidas de evaluación sensorial, mediante test de diferencias con método de comparación múltiple.

	<b>Muestra A</b>	<b>Muestra B</b>	<b>Muestra C</b>	<b>Muestra D</b>
<b>Juez</b>	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Puntaje
<b>I</b>	0	0	0	0
<b>II</b>	0	0	0	0
<b>III</b>	0	0	0	0
<b>IV</b>	0	0	0	0
<b>V</b>	0	0	0	0
<b>VI</b>	1	0	1	0
<b>VII</b>	0	0	0	0
<b>VIII</b>	0	0	1	0
<b>PROMEDIO</b>	0,1	0	0,2	0
<b>Diferencias significativas frente a M para muestra</b>	NO	NO	NO	NO

A continuación, se presentan graficados los datos de la tabla N° 12 (en porcentajes) y luego los resultados del análisis estadístico (Anexo 5).

**Figura N° 4:** Porcentaje de puntajes de diferencia para muestras A, B, C y D con respecto a M (muestra control) en atributo **OLOR**.



Según se observa en la figura N° 4, todas las muestras presentan un mayor porcentaje en la evaluación del puntaje 0 (A: 87,5%; B: 100%; C: 75% y D: 100%) el cual dice que *no existe diferencia* entre la muestra y el control, sin embargo, la muestra B salió evaluada como igual al control, por lo que de acuerdo a este análisis simple se puede determinar que para el atributo **OLOR**, la muestra B es la menos diferente del patrón M. Esto se reafirma con los resultados del análisis estadístico (Anexo 5), en donde se indica que no existen diferencias significativas entre jueces ni entre muestras, con un nivel de confianza del 95%. Sin embargo, la muestra que presenta menor diferencia del control es la muestra B.

Con este resultado se deduce que la fibra no aporta olores extraños al producto en cualquiera que sea la dosificación agregada.

- **Textura:**

A continuación se presentan los resultados obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo textura.

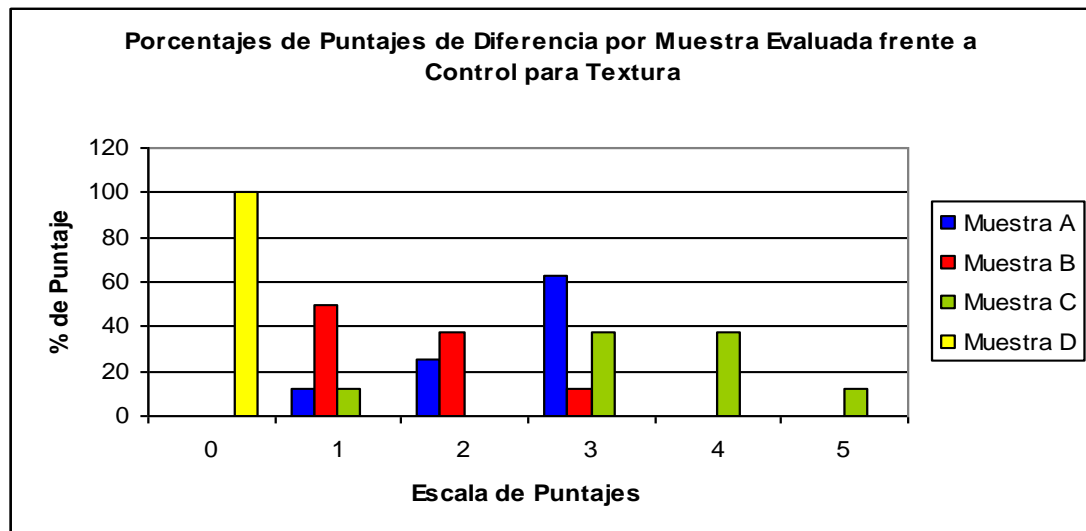


**Tabla N° 13:** Resultados por juez y por muestra para el atributo de **TEXTURA**, obtenidas de evaluación sensorial, mediante test de diferencias con método de comparación múltiple.

	<b>Muestra A</b>	<b>Muestra B</b>	<b>Muestra C</b>	<b>Muestra D</b>
<b>Juez</b>	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Puntaje
I	3	3	3	0
II	2	2	4	0
III	1	1	1	0
IV	3	1	5	0
V	3	1	4	0
VI	3	2	3	0
VII	3	1	3	0
VIII	2	2	4	0
<b>PROMEDIO</b>	2,5	1,6	3,4	0
<b>Diferencias significativas frente a M para muestra</b>	SI	SI	SI	NO

A continuación, se presentan graficados los datos de la tabla N° 13 (en porcentajes) y luego los resultados del análisis estadístico (Anexo 5).

**Figura N° 5:** Porcentaje de puntajes de diferencia para muestras A, B, C y D con respecto a M (muestra control) en atributo **TEXTURA**.



Según se observa en la figura N° 5, las muestras A y C presentan un mayor porcentaje en la evaluación del puntaje 3 (62,5%), el cual dice que *existe diferencia moderada* entre las muestras y el control. A su vez, la muestra B presenta un

porcentaje mayor en la evaluación del puntaje 1 (50%), el cual dice que *existe diferencia muy leve* entre la muestra y el control. Por último, la muestra D, que corresponde al control oculto, presenta un 100% en la evaluación del puntaje 0, lo que es acorde a la evaluación, ya que corresponde a la muestra control a evaluar. Según este análisis entonces, se puede determinar que para el atributo de **TEXTURA**, la muestra B es la menos diferente del patrón M.

Sin embargo, de acuerdo al análisis estadístico realizado (Anexo 5), se determina que no existen diferencias significativas entre jueces para el atributo de textura con un nivel de confianza de 95%, pero sí existen diferencias significativas entre todas las muestras ensayo (A, B y C) y la muestra control a un nivel de confianza de 95%, a pesar de esto, la muestra B es aquella que presenta menor diferencia contra el control que el resto de las muestras.

Como se dijo para el atributo de apariencia, estos resultados se deben directamente a la granulometría de las muestras ensayo, ya que éstas presentan textura granular a medida que contienen más fibra, lo cual se debe a que al estar preparadas a nivel piloto, la mezcla no es bien homogenizada, a diferencia de una preparación a nivel industrial, en donde se utiliza un molino durante la elaboración, cuya función es homogenizar el producto. Sin embargo, el control, a pesar de haber sido preparado también a nivel piloto, no presenta textura granulada debido a que no contiene fibra en su formulación, presentando una apariencia mucho más pareja que las muestras.

- **Sinéresis:**

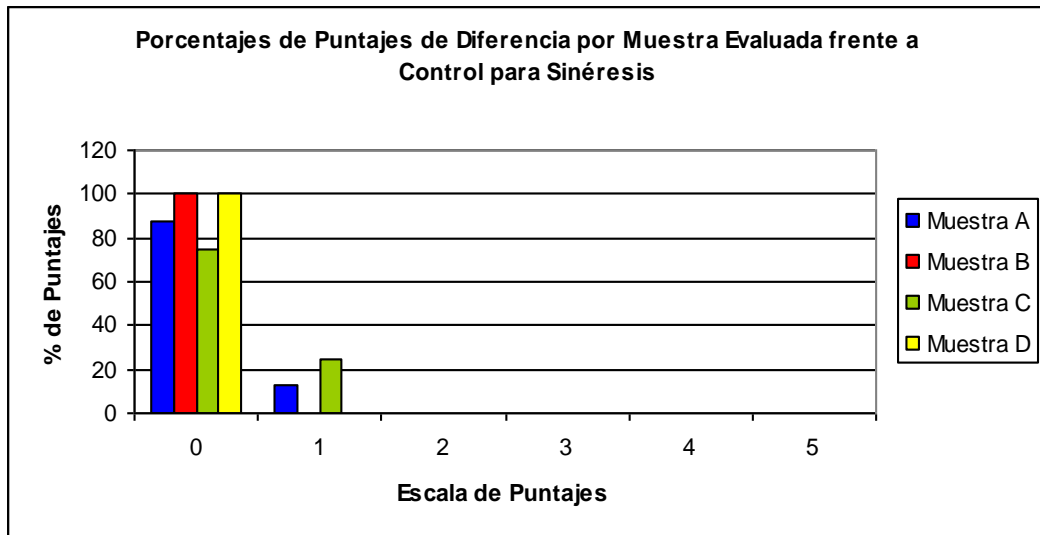
A continuación se presentan los resultados obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo sinéresis.

**Tabla N° 14:** Resultados por juez y por muestra para el atributo **SINÉRESIS**, obtenidas de evaluación sensorial, mediante test de diferencias con método de comparación múltiple.

	<b>Muestra A</b>	<b>Muestra B</b>	<b>Muestra C</b>	<b>Muestra D</b>
<b>Juez</b>	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Puntaje
I	0	0	0	0
II	0	0	0	0
III	0	0	1	0
IV	0	0	0	0
V	0	0	0	0
VI	0	0	0	0
VII	0	0	0	0
VIII	1	0	1	0
<b>PROMEDIO</b>	0,1	0	0,2	0
<b>Diferencias significativas frente a M para muestra</b>	NO	NO	NO	NO

A continuación, se presentan graficados los datos de la tabla N° 14 (en porcentaje) y luego los resultados del análisis estadístico (Anexo 5).

**Figura N° 6:** Porcentaje de puntajes de diferencia para muestras A, B, C y D con respecto a M (muestra control) en atributo **SINÉRESIS**.



Según se observa en la figura N° 6, todas las muestras ensayo (A, B, C) presentan un mayor porcentaje en la evaluación del puntaje 0 (A: 87,5%; B: 100%; C:

75%), el cual dice que *no existe diferencia* entre las muestras y el control. A su vez, la muestra D, que corresponde al control oculto, presenta un 100% en la evaluación del puntaje 0, lo que es acorde a la evaluación, ya que corresponde a la muestra control a evaluar. Según este análisis entonces, se puede determinar que para el atributo de **SINÉRESIS**, la muestra B es la menos diferente del control M.

Lo anterior se reafirma con el análisis estadístico realizado (Anexo 5), en donde se determina que no existen diferencias significativas ni entre jueces ni entre muestras para el atributo de sinéresis con un nivel de confianza de 95%. Sin embargo, a pesar de que ninguna muestra es significativamente diferente al control, la que presenta cero diferencia con éste es la muestra B.

Con este resultado, puede ratificarse el hecho de que la fibra retiene el exceso de agua agregado a cada muestra ensayo en reemplazo del aceite, ya que ninguna presentó sinéresis (liberación de agua desde el producto).

- **Calidad Respecto del Control:**

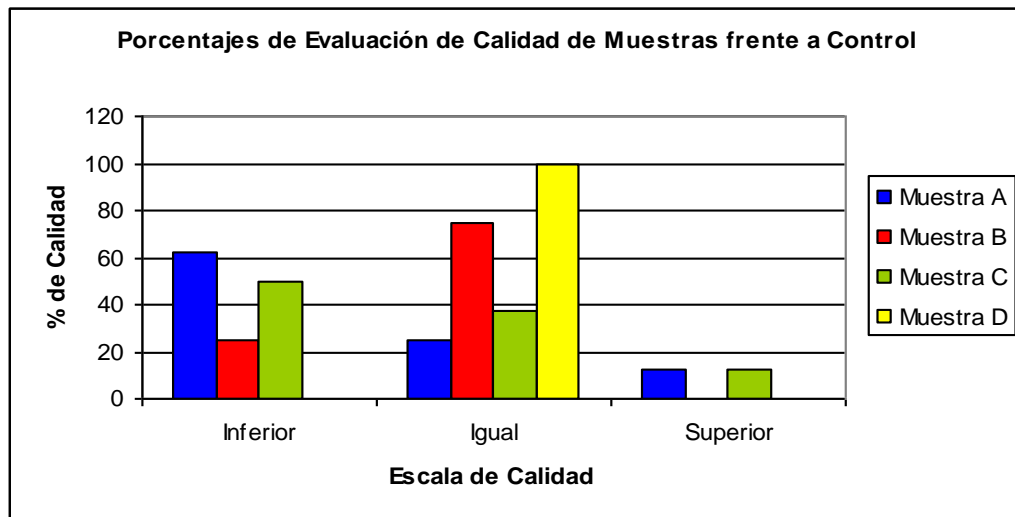
A continuación se presentan los resultados obtenidos de la evaluación de calidad de cada muestra frente al control.

**Tabla N° 15:** Resultados por juez y por muestra para evaluación de calidad de cada muestra respecto del control, obtenidas de evaluación sensorial, mediante test de diferencias con método de comparación múltiple.

<b>CALIDAD RESPECTO DEL CONTROL</b>				
<b>Juez</b>	<b>Muestra A</b>	<b>Muestra B</b>	<b>Muestra C</b>	<b>Muestra D</b>
<b>I</b>	Inferior	Inferior	Superior	Igual
<b>II</b>	Inferior	Igual	Inferior	Igual
<b>III</b>	Igual	Igual	Igual	Igual
<b>IV</b>	Inferior	Igual	Inferior	Igual
<b>V</b>	Inferior	Igual	Inferior	Igual
<b>VI</b>	Igual	Igual	Igual	Igual
<b>VII</b>	Superior	Igual	Igual	Igual
<b>VIII</b>	Inferior	Inferior	Inferior	Igual

A continuación, se presentan graficados los datos de la tabla N° 15 (en porcentajes).

**Figura N° 7:** Porcentaje de evaluación de calidad para muestras A, B, C y D con respecto a M (muestra control).



Como se observa en la figura N° 7, la única muestra considerada en su mayoría como igual al control, es la muestra B con un 75%, como inferiores están evaluadas las muestras A y C en su mayoría con un puntaje de 62,5% y 50% respectivamente, la muestra D, en cambio, es evaluada como igual al patrón en un 100%, lo que coincide con la realidad, ya que ésta es el control escondido entre muestras.

El resultado anterior, coincide con los demás resultados de la evaluación sensorial, en donde se establece que la muestra B es la menos diferente del control M, respecto a los análisis simples y estadísticos realizados a cada atributo, a pesar de que en los atributos de apariencia y textura existe diferencias significativas, se observa claramente que aún así los menores valores de diferencia se dan para la muestra B.

## CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

De esta memoria se concluye lo siguiente:

- El sustituto graso a base de fibra de naranja (Citri - fi) es efectivo reteniendo el agua extra adicionada a las muestras en las tres formulaciones ensayo (B, A y C), ya que los parámetros químicos de acidez acética, sal y pH no varían en las muestras a medida que se agrega más agua.
- El sustituto graso, además de retener el agua extra es capaz de actuar como espesante de las muestras, otorgando mayor consistencia de la mayonesa que el aceite en una dosificación menor. La muestra que presentó una consistencia similar a la del control fue la que presenta un reemplazo de un 45% de aceite (C).
- A menor cantidad de aceite y mayor cantidad de agua y citri – fi presente en las muestras de mayonesa, la fuerza de resistencia disminuye, lo que indica que el producto es más blando, es decir, “pierde cuerpo”. Sin embargo, en la muestra con un reemplazo de aceite de 25% (B), se presenta un efecto sinergista entre el aceite y la fibra agregada, ya que presenta mayor fuerza de resistencia que la muestra control.
- En el caso de la viscosidad, ocurre algo similar a lo anteriormente mencionado, sin embargo, ninguna muestra supera los valores de viscosidad del control.
- La mayonesa que presenta las mejores condiciones es aquella en donde se reemplaza un 25% de aceite por 2,2% de citri – fi, a pesar de que en viscosidad no se asemeja al control. Además, en la evaluación de calidad respecto del patrón resultó evaluada con un 75% de los jueces como **IGUAL** al control.
- Sensorialmente, para la mayonesa elaborada con 25% menos de aceite, se deben mejorar parámetros de calidad, como son la apariencia y la textura, ya que fueron

los únicos parámetros que presentaron diferencias significativas frente al control. Lo que se puede mejorar en una producción industrial.

- Para los parámetros de color, sabor, olor y sinéresis, los jueces no encontraron diferencias significativas entre la muestra de mayonesa mencionada anteriormente y el control.
- El porcentaje óptimo de citri – fi a agregar en mayonesas, obtenido de este estudio, es de 2,2%.
- Finalmente se concluye que el sustituto graso a base de fibra de naranja (Citri – fi) es efectivo para ser aplicado en mayonesas, siempre y cuando se evalúen las dosificaciones a agregar y el porcentaje de aceite a reemplazar. En el caso de que se requiera reemplazar un porcentaje elevado de aceite es necesario realizar pruebas de esta fibra junto con otras gomas o hidrocoloides, para así no obtener un parámetro de calidad inferior en lo que se refiere a consistencia, textura y viscosidad de las mayonesas.

## REFERENCIAS

- AOAC (2000) "Association of Official Analytical Chemists Inc. Official Methods of Analysis", ed. 16; Ed. Williams, S.; Arlington, VA.
- Borderías, A., Sánchez - Alonso, I., Pérez – Mateos, M. (2005). "New applications of fibres in foods: Addition to fishery products". Trends in Food Science & Technology, vol. 16; 458 – 465.
- Camacho, F., Tovar, L., Gallardo, Y. (2008). "Estudio Reológico de Mayonesas Adicionadas de Fibra". IX Congreso de Ciencia de los Alimentos y V Foro de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Departamento de Graduados e Investigación en Alimentos, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. México.
- Castro, E., de Hombre, R. (2007). "Parámetros Mecánicos y Textura de los Alimentos". Depto. de Ciencias de los Alimentos y Tecnología Química. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- Castro, E. (1999). "Textura de Alimentos". Depto. de Ciencias de los Alimentos y Tecnología Química. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile. Edición digital. Santiago, Chile.
- CODEX STAN N° 168 (1989). "Norma del Codex para la Mayonesa". Norma Regional Europea.
- Diario El Mercurio (2008). "Consumo de mayonesa en Chile". Publicación del 16 de Marzo del 2008.
- Elichalt, G. (2002). "Sustitutos de Azúcares y Grasas en la Alimentación". Depto. de Alimentos, Escuela de Nutrición y Dietética. Uruguay.



- Fiberstar, Empresa Citri – Fi Chile S.A. (2009). Salomón Sumar 3600, Bodega 43, San Joaquín, Santiago, Chile. Contacto: Rafael Morandé, Gerente de Adquisiciones.
- Food Today (2005). “Fibra Alimentaria, su función en una dieta sana”. Boletín del Consejo Europeo de Información sobre la Alimentación (EUFIC).
- González, R. (1997). “Caracterización Reológica de Mayonesa Formulada con Goma Guar y Goma Xantán”. Tesis para optar al título de Ingeniero en Alimentos, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química, Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- Martínez, O., Román, M., Gutiérrez, E., Medina, G., Cadavid, M., Flórez, O. (2008). “Desarrollo y Evaluación de un Postre Lácteo con Fibra de Naranja”. Revista Vitae de la Facultad de Química Farmacéutica, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. Volumen 15, N° 2; 219 – 225.
- Ministerio de Salud (2008). “Reglamento Sanitario de los Alimentos”. DTO. N° 977/96, D.OF. 13.05.97. Título XXIII: De las Especies, Condimentos y Salsas. Párrafo IV: De las Salsas. Art. 450. Página 129. Chile.
- Montiel, L., Gallardo Y. (2006). “Mayonesas Elaboradas con Aceite de Soya e Inulina: Un Alimento Funcional para el Adulto Mayor”. Revista Industria Alimentaria, Alfa Editores Técnicos, pág. 28 – 35. México.
- Peña, C. (2006). “Reología de los Alimentos: Modelos Reológicos”. Tecnológico de Estudios Superiores de Villa Guerrero, México.
- Redgwell, R., Fischer, M. (2005). “Dietary Fiber as a versatile food component: An Industrial Perspective”. Mol. Nutrition Food, vol. 49; 421 – 535.
- Revista Nestlé Nutrición (2009). “La Fibra Alimentaria: Historia de un Redescubrimiento”. Artículo Nutrición y Salud. Chile.

- Schmidt – Hebbel, H. (1990). “Avances en Aditivos Alimentarios y la Reglamentación de los Alimentos. Aplicaciones y Comentarios de Orden Químico y Tecnológico”. Editorial Universitaria. Fundación Chile, Santiago.
- Tadini, C., Carr, L., Rodas, M., Della Torre, J. (2006). “Physical, Textural and Sensory Characteristics of 7-day Frozen Part–Baked French Bread”. LWT-Food Science and Technology, 39: 540-547.
- Yañez, E., Biolley, E. (1999). “Sustitutos de Grasa en la Alimentación Humana”. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, Órgano Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición, Vol. 49 N° 2, pág. 101 – 105. Universidad de la Frontera, Temuco. Chile.

## ANEXO 1: FICHA TÉCNICA CITRI - FI



# FIBERSTAR™

### Citri-Fi® 300FG Technical Information

**DESCRIPTION:** An all natural citrus fiber product to be used for fat replacement, moisture management, water and oil binding, or thickening.

<b>PROPERTIES</b>	Physical form	free flowing powder with >91% being less than 100 mesh
	Color	Light yellow beige
	Bag Size	24.5" x 16.5" x 6.5"
	Weight	50 pound (22.7 kilograms)
	Bags per pallet	40

**LABEL** Bakery products: citrus fiber, xanthan gum

**DECLARATION** Meats products: citrus flour (or dried orange pulp), xanthan gum

**NON GMO** Citri-Fi® does not contain Genetically Modified Organisms (GMO).

**ALLERGEN STATEMENT** Product is derived from a non allergen source and presents essentially no allergenic risk to consumers.

**PACKAGING** Product should be stored in a clean, cool, dry place. This product will give full performance for a period of 36 months from date of Fiberstar original manufacture. Each box contains a code that identifies the batch and manufacture date.

**REGULATORY STATEMENT** Citri-Fi® is manufactured under sanitary conditions in full compliance with the Federal Food, Drug and Cosmetic Act as amended, following current good manufacturing practices.

#### TYPICAL ANALYTICAL RESULTS FOR CITRI-FI® 300FG

Component	Results	Units
Calories (FBDG Subtracted)	227	Calories/100 g
Total Fat	1.08	%
Saturated Fat	0.31	%
Trans Fat	0.00	%
Monounsaturated fat	0.34	%
Cis-cis Polyunsaturated fat	0.38	%
Carbohydrates, Total	82.55	%
Fiber, Total Dietary	75.3	%
Soluble	39.6	%
Insoluble	35.7	%
Sugars	5.38	%
Protein by Dumas	7.38	%
Sodium	40.6	mg/100g
Moisture	6.38	%
Ash	2.46	%
Aerobic Plate Count	1100	CFU/g
E. coli by Plate Method	<10	CFU/g
Listeria monocytogenes	Negative per 25 g	
Salmonella (Confirmed)	Negative per 25 g	

Rev 1, 3/06

## ANEXO 2: FICHA EVALUACIÓN SENSORIAL

### Ficha Evaluación Sensorial

**Test:** Diferencia.

**Nombre:** .....

**Método:** Comparación Múltiple.

**Fecha:** .....

**Producto:** Mayonesa

Sírvase degustar la muestra M que corresponde al control y en seguida las muestras problema: A, B y C.

Estas muestras pueden o no ser diferentes al control. Califique para cada muestra la diferencia según la escala adjunta para los parámetros que más abajo se detallan:

Escala	Puntaje
No hay diferencia	0
Hay diferencia muy leve	1
Hay diferencia leve	2
Hay diferencia moderada	3
Hay diferencia grande	4
Hay diferencia extremadamente grande	5

Por favor, indique además si la calidad es superior, igual o inferior al control.

Parámetro a evaluar	Puntaje			
	Muestra A	Muestra B	Muestra C	Muestra D
Apariencia				
Color				
Sabor				
Olor				
Textura				
Sinéresis				
Calidad respecto del control				

### ANEXO 3: ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS

- **ACIDEZ:**

**Tabla N° 1:** Análisis de la Varianza para Acidez - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A: Muestra	0,000158333	3	0,0000527778	0,16	0,9214
RESIDUAL	0,00266667	8	0,000333333		
TOTAL (CORRECTED)	0,002825	11			

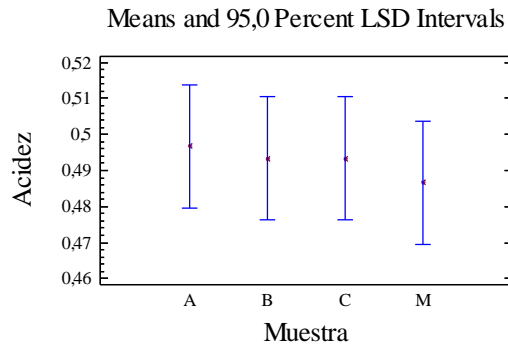
Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

**Tabla N° 2:** Contraste Múltiple de Rangos para Acidez según Muestra

Method: 95,0 percent LSD			
Muestra	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
M	3	0,486667	X
C	3	0,493333	X
B	3	0,493333	X
A	3	0,496667	X
Contrast	Difference		+/- Limits
B - A	-0,00333333		0,034376
B - C	0,0		0,034376
B - M	0,00666667		0,034376
A - C	0,00333333		0,034376
A - M	0,01		0,034376
C - M	0,00666667		0,034376

\* indica una diferencia significativa.

**Gráfico N° 1:** Valores Promedios e Intervalos de Porcentajes LSD a un 95% de confianza para el Parámetro de Acidez en la Muestra Control (M) y Muestras Ensayo (A, B y C).



Según este análisis, se determina que no existen diferencias significativas entre cada muestra ensayo y la muestra control para el parámetro de Acidez Acética a un nivel de confianza de 95%, así como tampoco existen estas diferencias entre las mismas muestras ensayo. Esto puede observarse en la Tabla N° 1, ya que el valor de  $p$  – value para muestras es de 0,9214, lo cual indica que no existen diferencias significativas entre muestras para el parámetro de acidez acética, ya que el  $p$  – value es mayor a 0,05 (5%), lo cual se comprueba al observar los datos de la Tabla N° 2, la cual establece que no existen diferencias significativas entre muestras para este parámetro.

- **SAL:**

**Tabla N° 3:** Análisis de la Varianza para Sal - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
-----					
MAIN EFFECTS					
A:Muestra	0,0008	3	0,000266667	0,86	0,4978
RESIDUAL	0,00246667	8	0,000308333		
-----					
TOTAL (CORRECTED)	0,00326667	11			
-----					

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

**Tabla N° 4:** Contraste Múltiple de Rangos para Sal según Muestra

Method: 95,0 percent LSD

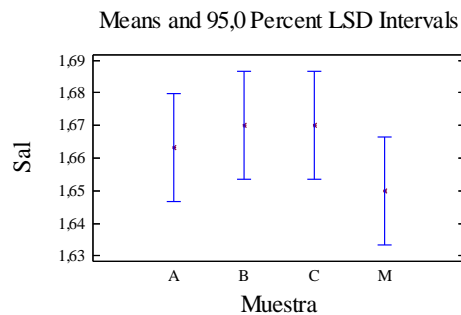
Muestra	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
M	3	1,65	X
A	3	1,66333	X
C	3	1,67	X
B	3	1,67	X

Contrast	Difference	+/- Limits
B - A	0,00666667	0,0330617
B - C	0,0	0,0330617
B - M	0,02	0,0330617
A - C	-0,00666667	0,0330617
A - M	0,01333333	0,0330617
C - M	0,02	0,0330617

\* indica una diferencia significativa.

**Gráfico N° 2:** Valores Promedios e Intervalos de Porcentajes LSD a un 95% de confianza para el Parámetro de Sal en la Muestra Control (M) y Muestras Ensayo (A, B y C).



Según este análisis, se determina que no existen diferencias significativas entre cada muestra ensayo y la muestra control para el parámetro de Sal a un nivel de confianza de 95%, así como tampoco existen estas diferencias entre las mismas muestras ensayo. Esto puede observarse en la Tabla N° 3, ya que el valor de p – value para muestras es de 0,4978, lo cual indica que no existen diferencias significativas entre muestras para el parámetro de sal, ya que el p – value es mayor a 0,05 (5%), lo cual se comprueba al observar los datos de la Tabla N° 4, la cual establece que no existen diferencias significativas entre muestras para este parámetro.

- **pH:**

**Tabla N° 5:** Análisis de la Varianza para pH - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
-----					
MAIN EFFECTS					
A:Muestra	0,0006	3	0,0002	0,89	0,4872
RESIDUAL	0,0018	8	0,000225		
-----					
TOTAL (CORRECTED)	0,0024	11			
-----					

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

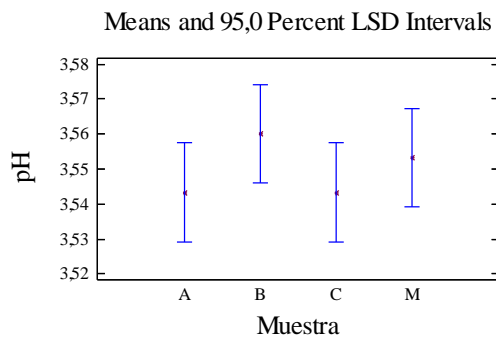
**Tabla N° 6:** Contraste Múltiple de Rangos para Sal según Muestra

Method: 95,0 percent LSD

Muestra	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
A	3	3,54333	X
C	3	3,54333	X
M	3	3,55333	X
B	3	3,56	X
-----			
Contrast		Difference	+/- Limits
-----			
B - A		0,0166667	0,0282427
B - C		0,0166667	0,0282427
B - M		0,00666667	0,0282427
A - C		0,0	0,0282427
A - M		-0,01	0,0282427
C - M		-0,01	0,0282427
-----			

\* indica una diferencia significativa.

**Gráfico N° 3:** Valores Promedios e Intervalos de Porcentajes LSD a un 95% de confianza para el Parámetro de pH en la Muestra Control (M) y Muestras Ensayo (A, B y C).





Según este análisis, se determina que no existen diferencias significativas entre cada muestra ensayo y la muestra control para el parámetro de pH a un nivel de confianza de 95%, así como tampoco existen estas diferencias entre las mismas muestras ensayo. Esto puede observarse en la Tabla N° 5, ya que el valor de p – value para muestras es de 0,4872, lo cual indica que no existen diferencias significativas entre muestras para el parámetro de pH, ya que el p – value es mayor a 0,05 (5%), lo cual se comprueba al observar los datos de la Tabla N° 6, la cual establece que no existen diferencias significativas entre muestras para este parámetro.

- **CONSISTENCIA:**

**Tabla N° 7:** Análisis de la Varianza para Consistencia - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
<b>MAIN EFFECTS</b>					
A:Muestra	1,4025	3	0,4675	13,05	0,0019
RESIDUAL	0,286667	8	0,0358333		
TOTAL (CORRECTED)	1,68917	11			

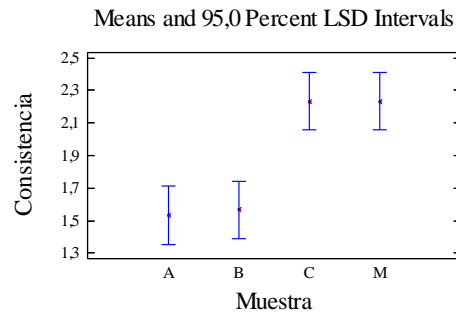
Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

**Tabla N° 8:** Contraste Múltiple de Rangos para Consistencia según Muestra

Method: 95,0 percent LSD			
Muestra	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
A	3	1,53333	X
B	3	1,56667	X
C	3	2,23333	X
M	3	2,23333	X
Contrast		Difference	+/- Limits
B - A		0,0333333	0,356418
B - C		*-0,666667	0,356418
B - M		*-0,666667	0,356418
A - C		*-0,7	0,356418
A - M		*-0,7	0,356418
C - M		0,0	0,356418

\* indica una diferencia significativa.

**Gráfico N° 4:** Valores Promedios e Intervalos de Porcentajes LSD a un 95% de confianza para el Parámetro de Consistencia en la Muestra Control (M) y Muestras Ensayo (A, B y C).



Según este análisis, se determina que existen diferencias significativas entre B y C, B y M (muestra control), A y C, y A y M (muestra control) para el parámetro de consistencia a un nivel de confianza de 95%. Sin embargo, las diferencias significativas que importan en este análisis son las presentadas entre las muestras B y A con M (muestra control), ya que se está estudiando diferencias de las muestras ensayo con respecto al control. Esto puede observarse en la Tabla N° 7, ya que el valor de p – value para muestras es de 0,0019, lo cual indica que si existen diferencias significativas entre muestras para el parámetro de consistencia, lo que se observa más detalladamente en la Tabla N° 8, en donde se marca con un asterisco las muestras que presentan diferencias significativas.

## ANEXO 4: ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARÁMETROS TEXTURALES

- **FUERZA MÁXIMA DE RESISTENCIA:**

**Tabla N° 1:** Análisis de la Varianza para Fuerza Máxima - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
-----					
MAIN EFFECTS					
A:Muestra	0,00658039	3	0,00219346	40,65	0,0000
RESIDUAL	0,00043166	8	0,0000539575		
-----					
TOTAL (CORRECTED)	0,00701205	11			
-----					

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

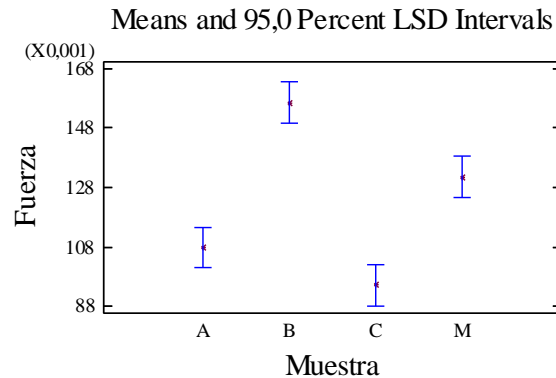
**Tabla N° 2:** Contraste Múltiple de Rangos para Fuerza Máxima según Muestra

Method: 95,0 percent LSD

Muestra	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
C	3	0,0952333	X
A	3	0,1078	X
M	3	0,131467	X
B	3	0,156467	X
-----			
Contrast		Difference	+/- Limits
-----			
B - A		*0,0486667	0,0138306
B - C		*0,0612333	0,0138306
B - M		*0,025	0,0138306
A - C		0,0125667	0,0138306
A - M		*-0,0236667	0,0138306
C - M		*-0,0362333	0,0138306
-----			

\* indica una diferencia significativa.

**Gráfico N° 1:** Valores Promedios e Intervalos de Porcentajes LSD a un 95% de confianza para Fuerza Máxima en la Muestra Control (M) y Muestras Ensayo (A, B y C).



Según este análisis, se determina que existen diferencias significativas entre todas las muestras ensayo y la muestra control para el parámetro de fuerza máxima de resistencia a un nivel de confianza de 95%. Esto puede observarse en la Tabla N° 1, ya que el valor de p – value para muestras es de 0,0000, lo cual indica que si existen diferencias significativas entre muestras para este parámetro, lo que se observa más detalladamente en la Tabla N° 2, en donde se marca con un asterisco las muestras que presentan diferencias significativas.

- **VISCOSIDAD:**

**Tabla N° 3:** Análisis de la Varianza para Viscosidad - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
-----					
MAIN EFFECTS					
A:Muestra	1,63497E10	3	5,44992E9	38,66	0,0021
RESIDUAL	5,63839E8	4	1,4096E8		
-----					
TOTAL (CORRECTED)	1,69136E10	7			
-----					

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

**Tabla N° 4:** Contraste Múltiple de Rangos para Viscosidad según Muestra

Method: 95,0 percent LSD

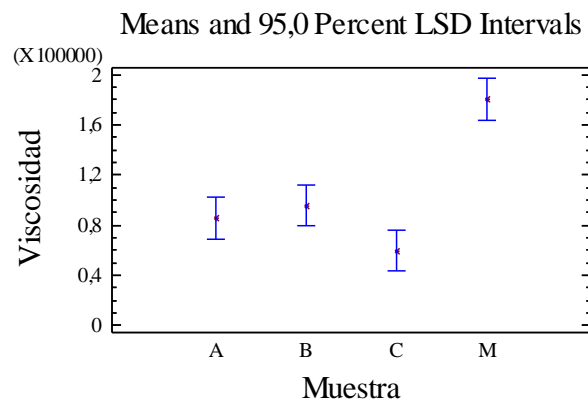
Muestra	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
C	2	59787,0	X
A	2	85320,5	XX
B	2	95700,0	X
M	2	180214,0	X

Contrast	Difference	+/- Limits
B - A	10379,5	32963,8
B - C	*35913,0	32963,8
B - M	*-84514,0	32963,8
A - C	25533,5	32963,8
A - M	*-94893,5	32963,8
C - M	*-120427,0	32963,8

\* indica una diferencia significativa.

**Gráfico N° 2:** Valores Promedios e Intervalos de Porcentajes LSD a un 95% de confianza para Viscosidad en la Muestra Control (M) y Muestras Ensayo (A, B y C).



Según este análisis, se determina que existen diferencias significativas entre todas las muestras ensayo y la muestra control para el parámetro de viscosidad a un nivel de confianza de 95%. Esto puede observarse en la Tabla N° 3, ya que el valor de p – value para muestras es de 0,0021, lo cual indica que si existen diferencias significativas entre muestras para el parámetro de consistencia, lo que se observa más detalladamente en la Tabla N° 4, en donde se marca con un asterisco las muestras que presentan diferencias significativas.

## ANEXO 5: ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA EVALUACIÓN SENSORIAL

- **APARIENCIA:**

**Tabla N° 1:** Análisis de la Varianza para Apariencia - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
<b>MAIN EFFECTS</b>					
A:Muestra	19,125	3	6,375	7,29	0,0016
B:Juez	14,375	7	2,05357	2,35	0,0615
<b>RESIDUAL</b>	<b>18,375</b>	<b>21</b>	<b>0,875</b>		
<b>TOTAL (CORRECTED)</b>	<b>51,875</b>	<b>31</b>			

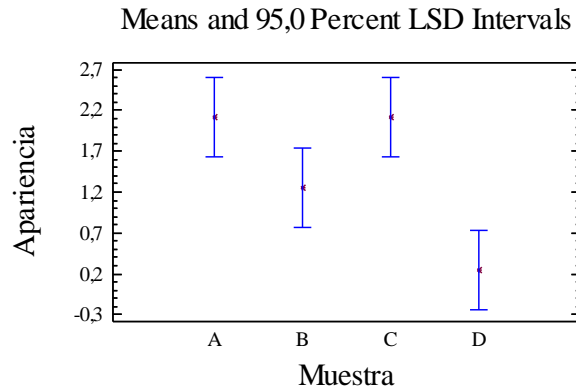
Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

**Tabla N° 2:** Contraste Múltiple de Rangos para Apariencia según Muestra

Method: 95,0 percent LSD			
Muestra	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
D	8	0,25	X
B	8	1,25	X
C	8	2,125	X
A	8	2,125	X
Contrast		Difference	+/- Limits
A - B		0,875	0,972652
A - C		0,0	0,972652
<b>A - D</b>		<b>*1,875</b>	<b>0,972652</b>
B - C		-0,875	0,972652
<b>B - D</b>		<b>*1,0</b>	<b>0,972652</b>
<b>C - D</b>		<b>*1,875</b>	<b>0,972652</b>

\* indica una diferencia significativa.

**Gráfico N° 1:** Valores Promedios e Intervalos de Porcentajes LSD a un 95% de confianza para Apariencia en la Muestra Control (D) y Muestras Ensayo (A, B, C).



Según este análisis, se determina que no existen diferencias significativas entre jueces para el atributo de Apariencia, lo cual se corrobora observando la Tabla N° 1, ya que el valor de  $p$  – value para jueces es de 0,0615. Sin embargo, según los resultados obtenidos, se determina que sí hay diferencias significativas entre todas las muestras ensayo y la muestra control para el atributo de Apariencia a un nivel de confianza de 95% ( $p$  – value: 0,0016). Esto puede observarse más detalladamente en la Tabla N° 2, en donde se marca con un asterisco las muestras que presentan diferencias significativas.

- **COLOR:**

**Tabla N° 3:** Análisis de la Varianza para Color - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Muestra	1,125	3	0,375	2,33	0,1032
B:Juez	2,375	7	0,339286	2,11	0,0876
RESIDUAL	3,375	21	0,160714		
TOTAL (CORRECTED)	6,875	31			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

**Tabla N° 4:** Contraste Múltiple de Rangos para Color según Muestra

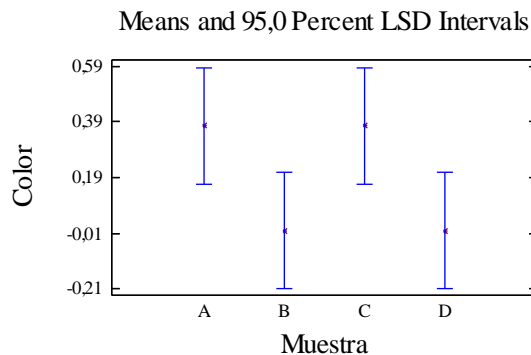
Method: 95,0 percent LSD			
Muestra	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
D	8	0,0	X
B	8	0,0	X
C	8	0,375	X
A	8	0,375	X

Contrast	Difference	+/- Limits
A - B	0,375	0,416851
A - C	0,0	0,416851
A - D	0,375	0,416851
B - C	-0,375	0,416851
B - D	0,0	0,416851
C - D	0,375	0,416851

\* indica una diferencia significativa.

**Gráfico N° 2:** Valores Promedios e Intervalos de Porcentajes LSD a un 95% de confianza para Color en la Muestra Control (D) y Muestras Ensayo (A, B, C).



Según este análisis, se determina que no existen diferencias significativas ni entre jueces ni entre muestras para el atributo de Color, lo cual se corrobora observando la Tabla N° 3, ya que el valor de p – value para jueces es de 0,0876 y para muestras es de 0,1032 a un nivel de confianza de 95%, lo cual se corrobora observando Tabla N° 4, en donde no se marca ninguna muestra con asterisco, que es lo que indica diferencias significativas entre las mismas.



- **SABOR:**

**Tabla N° 5:** Análisis de la Varianza para Sabor - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
<b>MAIN EFFECTS</b>					
A:Muestra	38,8438	3	12,9479	32,35	0,0000
B:Juez	5,21875	7	0,745536	1,86	0,1276
<b>RESIDUAL</b>	<b>8,40625</b>	<b>21</b>	<b>0,400298</b>		
<b>TOTAL (CORRECTED)</b>	<b>52,4688</b>	<b>31</b>			

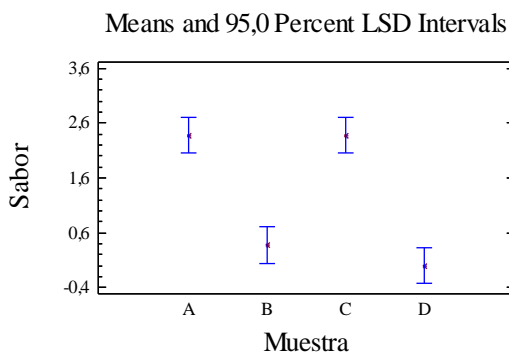
Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

**Tabla N° 6:** Contraste Múltiple de Rangos para Sabor según Muestra

Method: 95,0 percent LSD			
Muestra	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
D	8	0,0	X
B	8	0,375	X
C	8	2,375	X
A	8	2,375	X
Contrast		Difference	+/- Limits
A - B		*2,0	0,657878
A - C		0,0	0,657878
<b>A - D</b>		<b>*2,375</b>	<b>0,657878</b>
B - C		*-2,0	0,657878
B - D		0,375	0,657878
<b>C - D</b>		<b>*2,375</b>	<b>0,657878</b>

\* indica una diferencia significativa.

**Gráfico N° 3:** Valores Promedios e Intervalos de Porcentajes LSD a un 95% de confianza para Sabor en la Muestra Control (D) y Muestras Ensayo (A, B, C).



Según este análisis, se determina que no existen diferencias significativas entre jueces para el atributo de Sabor con un nivel de confianza de 95%, lo cual se corrobora observando la Tabla N° 5, ya que el valor de  $p$  – value para jueces es de 0,1276. Sin embargo, según los resultados obtenidos, se determina que sí hay diferencias significativas entre las muestras A y C y la muestra control, en cambio, la muestra B no presenta diferencias significativas con el control para el atributo de Sabor a un nivel de confianza de 95%. Esto puede observarse más detalladamente en la Tabla N° 6, en donde se marca con un asterisco las muestras que presentan diferencias significativas.

- **OLOR:**

**Tabla N° 7:** Análisis de la Varianza para Olor - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
<b>MAIN EFFECTS</b>					
A:Muestra	0,34375	3	0,114583	1,71	0,1953
B:Juez	0,96875	7	0,138393	2,07	0,0937
RESIDUAL	1,40625	21	0,0669643		
TOTAL (CORRECTED)	2,71875	31			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

**Tabla N° 8:** Contraste Múltiple de Rangos para Olor según Muestra

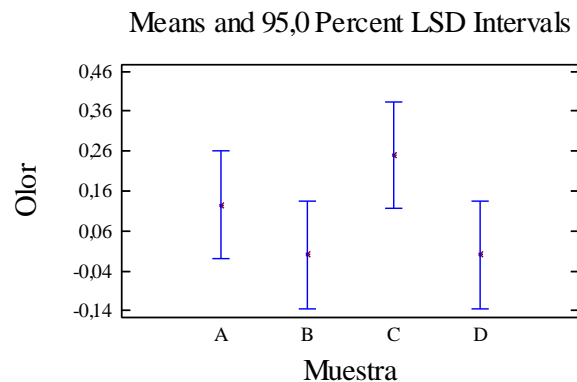
Method: 95,0 percent LSD			
Muestra	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
D	8	0,0	X
B	8	0,0	X
A	8	0,125	X
C	8	0,25	X

Contrast	Difference	+/- Limits
A - B	0,125	0,269076
A - C	-0,125	0,269076
A - D	0,125	0,269076
B - C	-0,25	0,269076
B - D	0,0	0,269076
C - D	0,25	0,269076

\* indica una diferencia significativa.

**Gráfico N° 4:** Valores Promedios e Intervalos de Porcentajes LSD a un 95% de confianza para Olor en la Muestra Control (D) y Muestras Ensayo (A, B, C).



Según este análisis, se determina que no existen diferencias significativas ni entre jueces ni entre muestras para el atributo de Olor, lo cual se corrobora observando la Tabla N° 7, ya que el valor de p – value para jueces es de 0,0937 y para muestras es de 0,1953 a un nivel de confianza de 95%, lo cual se corrobora observando Tabla N° 8, en donde no se marca ninguna muestra con asterisco, que es lo que indica diferencias significativas entre las mismas.

- **TEXTURA:**

**Tabla N° 9:** Análisis de la Varianza para Textura - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
<b>MAIN EFFECTS</b>					
A:Muestra	49,75	3	16,5833	30,96	0,0000
B:Juez	6,5	7	0,928571	1,73	0,1553
<b>RESIDUAL</b>	<b>11,25</b>	<b>21</b>	<b>0,535714</b>		
<b>TOTAL (CORRECTED)</b>	<b>67,5</b>	<b>31</b>			

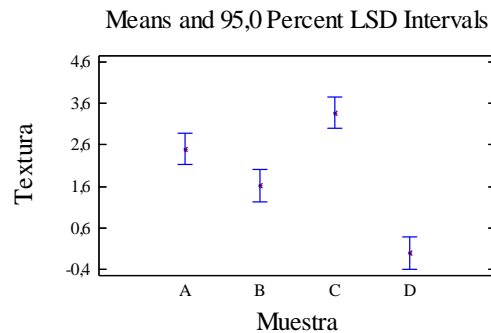
Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

**Tabla N° 10:** Contraste Múltiple de Rangos para Textura según Muestra

Method: 95,0 percent LSD					
Muestra	Count	LS Mean	Homogeneous Groups		
D	8	0,0	X		
B	8	1,625	X		
A	8	2,5	X		
C	8	3,375	X		
Contrast	Difference		+/- Limits		
A - B	*0,875		0,761062		
A - C	*-0,875		0,761062		
<b>A - D</b>	<b>*2,5</b>		<b>0,761062</b>		
B - C	*-1,75		0,761062		
<b>B - D</b>	<b>*1,625</b>		<b>0,761062</b>		
<b>C - D</b>	<b>*3,375</b>		<b>0,761062</b>		

\* indica una diferencia significativa.

**Gráfico N° 5:** Valores Promedios e Intervalos de Porcentajes LSD a un 95% de confianza para Textura en la Muestra Control (D) y Muestras Ensayo (A, B, C).



Según este análisis, se determina que no existen diferencias significativas entre jueces para el atributo de Textura con un nivel de confianza de 95%, lo cual se corrobora observando la Tabla N° 9, ya que el valor de p – value para jueces es de 0,1553. Sin embargo, según los resultados obtenidos, se determina que sí hay diferencias significativas entre todas las muestras ensayo y el control a un nivel de confianza de 95%. Esto puede observarse más detalladamente en la Tabla N° 10, en donde se marca con un asterisco las muestras que presentan diferencias significativas, a pesar de esto, la muestra B es aquella que presenta menor diferencia contra el control que el resto de las muestras.

- **SINÉRESIS:**

**Tabla N° 11:** Análisis de la Varianza para Sinéresis - Sumas de Cuadrados de Tipo III

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
<b>MAIN EFFECTS</b>					
A:Muestra	0,34375	3	0,114583	1,71	0,1953
B:Juez	0,96875	7	0,138393	2,07	0,0937
RESIDUAL	1,40625	21	0,0669643		
TOTAL (CORRECTED)	2,71875	31			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

**Tabla N° 12:** Contraste Múltiple de Rangos para Sinéresis según Muestra

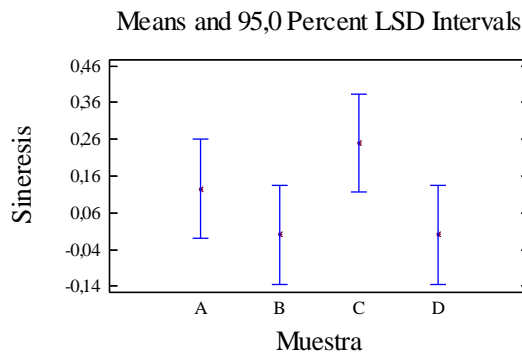
Method: 95,0 percent LSD			
Muestra	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
D	8	0,0	X
B	8	0,0	X
A	8	0,125	X
C	8	0,25	X

Contrast	Difference	+/- Limits
A - B	0,125	0,269076
A - C	-0,125	0,269076
A - D	0,125	0,269076
B - C	-0,25	0,269076
B - D	0,0	0,269076
C - D	0,25	0,269076

\* indica una diferencia significativa.

**Gráfico N° 6:** Valores Promedios e Intervalos de Porcentajes LSD a un 95% de confianza para Sinéresis en la Muestra Control (D) y Muestras Ensayo (A, B, C).



Según este análisis, se determina que no existen diferencias significativas entre jueces para el atributo de Sinéresis con un nivel de confianza de 95%, lo cual se corrobora observando la Tabla N° 11, ya que el valor de p – value para jueces es de 0,0937. Además, en la misma tabla se observa también que no existen diferencias significativas entre las muestras ensayos y la muestra control a un nivel de confianza de 95% (p – value: 0,1953). Esto puede observarse más detalladamente en la Tabla N° 12, en donde se marca con un asterisco las muestras que presentan diferencias significativas, y no existe ninguna muestra marcada. En esta misma tabla se aprecia que a pesar de que ninguna muestra es significativamente diferente al control, la que presenta cero diferencia con éste es la muestra B.