

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

En la actualidad los malos hábitos alimenticios como la ingesta de dietas con alto contenido de carbohidratos, alimentos con exceso de grasa, bajo contenido proteínico y un deficiente consumo de fibra, son las causas más frecuentes para aumentar el riesgo de padecer enfermedades crónicas relacionadas con la alimentación, como obesidad, diabetes, enfermedades cardiovasculares, cáncer de colon, entre otras.

Uno de los principales malos hábitos alimenticios es el deficiente consumo de fibra, su consumo ayuda a mejorar la absorción de calcio en el intestino siendo conveniente para las mujeres en menopausia debido a que influye positivamente sobre la estructura ósea. Además ayuda al intestino a disminuir del pH, sobre todo a nivel de colon y aumenta el volumen de las heces facilitando el tránsito de las mismas, evitando así el estreñimiento, por lo tanto ayuda a disminuir el riesgo de padecer enfermedades a nivel del colon.

Según el Diario Hoy (2008, septiembre 13), estadísticamente en el Ecuador el cáncer de colon y recto es una de las causas más frecuente de muerte. Por otra

parte el Dr. Hugo Celi Apolo afirma que: la Sociedad Americana de Cáncer estima que el 5.9% de la población puede desarrollar cáncer colo-rectal en algún momento de su vida a consecuencia de los malos hábitos alimenticios y a nivel mundial ocasiona más de 150.000 muertes por año.

Antiguamente no se daba importancia al consumo de fibra, pero durante los últimos años según la revista *Alimentaria* (2010), la sociedad está viviendo una creciente tendencia por lo natural, como es el consumo de alimentos funcionales, centrando su atención en los efectos beneficiosos de consumir productos alimenticios seguros y saludables para una adecuada nutrición.

En la revista *Alimentaria* (2010), se menciona que los alimentos funcionales ganan cada vez más adeptos y participación en el mercado. Según Madrigal y Sangronis (2007), definen que un alimento funcional es aquel que contiene un componente, nutriente o no nutriente, con efecto selectivo sobre una o varias funciones del organismo.

Dentro de los alimentos funcionales están los denominados alimentos prebióticos, que según ar.answers s.f.; Madrigal y Sangronis (2007), son ingredientes naturales no digeribles que mejoran la salud de las personas porque se fermentan en el colon y estimulan el crecimiento o la actividad de un grupo de bacterias a ese nivel; es decir, actúan como nutriente de la flora gastrointestinal constituida en gran medida por las bífido-bacterias y lactobacilos, con la disminución de otras especies que pueden ser perjudiciales (*E. coli* y bacteria de la especie *Clostridium*

*spp*). Entre otras propiedades se menciona: aumento de la asimilación de calcio, sustitución de grasa, mejor sabor y mejor textura, sustitución de azúcar, entre otros.

Los prebióticos que más se utilizan en la industria alimenticia son la inulina y la oligofructosa. Madrigal y Sangronis (2007), mencionan que la inulina y la oligofructosa son carbohidratos no digeribles que están presentes en muchos vegetales, frutas y cereales, actualmente la inulina se extrae de la raíz de la achicoria, mientras que la oligofructosa se obtiene por hidrólisis enzimática parcial de la inulina.

La inulina y la oligofructosa por su alta solubilidad pueden ser fácilmente adicionados en alimentos como cereales, diversos lácteos como el yogur, entre otros.

Según la norma INEN 2395 (2006), el yogur es un producto coagulado, obtenido por fermentación láctica de la leche o mezcla de esta con derivados lácteos, mediante la acción de bacterias lácticas *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*. Es un alimento exquisito y altamente nutritivo de alto consumo en nuestro país, según el Centro de la Industria Láctea (CIL), en el Ecuador la producción en el año 2007 alcanzó los 150 000 litros diarios.

En esta investigación proponemos realizar un estudio para obtener un producto lácteo funcional a base del yogur al que adicionaremos las fibras inulina y

oligofruktosa, dándole un carácter de prebiótico con el propósito de obtener no solo un producto nutritivo, sino también un producto que promueva la salud de los consumidores.

Y, además contribuir con información para las pequeñas industrias lácteas con el desarrollo de un nuevo alimento funcional, basado en un producto tradicional que además de ser innovador, es una alternativa para diversificar la producción de este sector.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo General**

- Evaluar los prebióticos: inulina y oligofruetosa adicionados en la elaboración de yogur natural como alimento funcional.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Determinar el porcentaje de inulina y oligofruetosa del mejor tratamiento en la fase uno y dos respectivamente.
- Evaluar la influencia de la inulina y oligofruetosa en la viscosidad del producto, cada cinco días, durante veintiún días.
- Determinar el porcentaje de sinéresis en el producto terminado a los veintiún días.
- Evaluar la influencia de la inulina y oligofruetosa en la calidad sensorial del producto.
- Determinar el porcentaje de grasa presente en el producto terminado.

## **1.3 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS**

- La adición de inulina y oligofruetosa influyen en las características físico-químicas y sensoriales del yogur.



## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **2.1 DEFINICIÓN DE LECHE**

Dubach (1988), afirma que: “La leche es un líquido producido por los mamíferos hembras para alimentar a sus crías. La leche es de color blanco, olor agradable y sabor ligeramente dulce. El hombre aprovecha la leche de la vaca, de la cabra, de la oveja y de la yegua, para tomarla directamente o para la elaboración de subproductos” (p. 6).

#### **2.2 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS BÁSICAS DE LA LECHE DE VACA**

Tetra Pack (2003), respecto a las propiedades físico-químicas de la leche, sostiene que:

Los principales constituyentes de la leche son: agua, grasa, proteína, lactosa (azúcar de la leche) y sales minerales. La leche también contiene trazas de otras sustancias tales como pigmentos, enzimas, vitaminas, fosfolípidos (sustancias con propiedades lipídicas) y gases.

La leche de vaca está compuesta de un 87% de agua y el resto es materia seca. La materia seca está suspendida o disuelta en el agua. Dependiendo del tipo de sólidos de que se trate, existen diferentes sistemas de distribución del mismo en la fase acuosa (p. 15).

**Tabla 1.** Características fisicoquímicas de la leche

	<b>Composición media %</b>	<b>Emulsión tipo aceite/agua</b>	<b>Suspensión/solución coloidal</b>	<b>Solución verdadera</b>
Humedad	87.0			
Grasa	4.0	<b>X</b>		
Proteína	3.5		<b>X</b>	
Lactosa	4.7			<b>X</b>
Cenizas	0.8			<b>X</b>

Fuente: TETRA, P. 2003. Manual de industrias lácteas, España, p. 15.

### 2.2.1 Definiciones

**Emulsión:** es una suspensión de gotitas de un líquido en otro. La leche es una emulsión de grasa en agua, la mantequilla es una emulsión de agua en grasa. El líquido finamente dividido correspondería a la fase dispersa y el otro constituiría la fase continua.

**Solución coloidal:** cuando una sustancia existe en un estado de división intermedio al de una verdadera solución (por ejemplo, azúcar en agua) y una suspensión (por ejemplo, yeso en agua) se dice que se trata de una solución coloidal o suspensión coloidal. Las características típicas de un coloide son:

- Pequeño tamaño de partícula
- Carga eléctrica y

- Afinidad de las partículas con las moléculas de agua.

**Solución verdadera:** Las sustancias que cuando se mezclan con el agua u otro líquido forman verdaderas soluciones, se dividen en:

- Soluciones no iónicas. Como cuando la lactosa está disuelta en el agua donde no tiene lugar cambios importantes en su estructura.
- Soluciones iónicas. Como cuando la sal común se disuelve en el agua, los cationes ( $\text{Na}^+$ ) y aniones ( $\text{Cl}^-$ ) están dispersos en el agua, formando un electrolito (p. 15-16).

### **2.2.2 Materia grasa**

Speer (1975), manifiesta que la cantidad de grasa que contiene la leche y su composición son muy diversas en las distintas razas bovinas. La alimentación de las vacas ejerce también una gran influencia en este sentido.

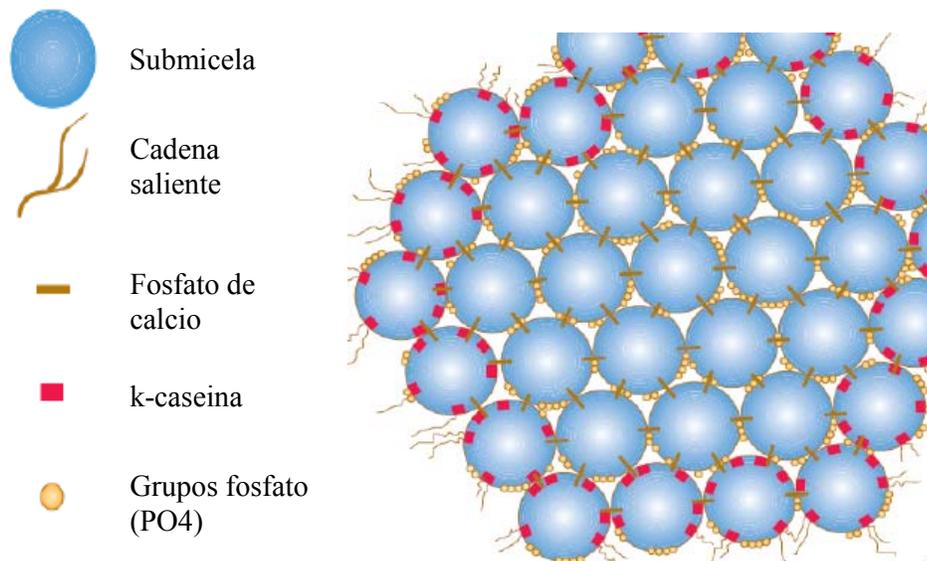
La grasa está presente en la leche en forma de gotitas o de *glóbulos*. Cada uno de estos posee un núcleo rodeado por una *película*. El núcleo está compuesto por *triglicéridos*, los cuales constan de *glicerina* (propanotriol) y diversos *ácidos grasos*.

### **2.2.3 Proteínas**

El contenido proteico depende fundamentalmente del pienso que consumen los animales lecheros.

Los componentes fundamentales de las proteínas son los *aminoácidos*. Los aminoácidos son ácidos orgánicos que llevan un grupo amino (-NH<sub>2</sub>) unido a un resto hidrocarbonado.

La *caseína*, componente principal de la proteína láctea (80%), merece una atención preferente por sufrir transformaciones en muchos procesos tecnológicos. Es una *fosfoproteína*, pues sus grupos fosfato están sólidamente unidos, esta proteína contiene también *calcio*, dando origen al complejo *calcio-caseína* (p. 9-12).



**Figura 1.** Construcción y estabilización de una micela de caseína

Fuente: TETRA, P. 2003. Manual de industrias lácteas, España, p. 24.

## **Enzimas de la leche**

Las enzimas son un grupo de proteínas producidas por organismos vivos. Tienen la capacidad de provocar reacciones químicas y de afectar el curso y la velocidad de tales reacciones.

Existen dos factores que influyen de forma importante sobre la acción enzimática, ellos son: la temperatura y el pH. Como norma, las enzimas son más activas a una temperatura cuyo óptimo oscila entre 25 y 50°C. Su actividad cae si la temperatura supera el óptimo antes citado, cesando completamente en algún punto situado entre los 50 y 120°C. A esta temperatura las enzimas son desnaturalizadas más o menos completamente (inactivadas). Las enzimas también tienen pH óptimo para su trabajo. Algunas funcionan mejor en soluciones ácidas, mientras que otras lo hacen mejor en medios alcalinos (Tetra Pack, 2003, p. 28).

Para Meyer (2006), en la leche cruda normalmente se encuentran las siguientes enzimas:

- **Fosfatasa** se inactiva a temperatura superior a 70°C. La presencia de esta enzima en la leche pasteurizada indica que la leche no ha sido pasteurizado correctamente.
- **Peroxidasa** se inactiva a una temperatura mayor a los 80°C. La ausencia de esta enzima significará que la leche ha sido pasteurizada a una temperatura elevada.
- **Catalasa** esta enzima se encuentra en cantidades mínimas en la leche de vacas sanas. Aquellas vacas enfermas de mastitis producen leche con

cantidad mayor de esta enzima. Además, algunas bacterias ajenas a la leche la producen. La catalasa se inactiva mediante pasteurización a temperatura baja.

- **Lipasa** esta enzima separa la grasa en glicerina y sus ácidos grasos. Los ácidos provocan olores y sabores desagradables en la leche, crema y mantequilla. Esta enzima se inactiva por una pasteurización a temperatura baja.
- **Xantinoxidasa** es importante en la elaboración de quesos de pasta firme, como el tipo holandés. En presencia de nitratos de potasio ayuda a combatir la acción de las bacterias butílicas, que producen grietas en este tipo de queso; se inactiva por una pasteurización a una temperatura elevada (p.14-15).

#### **2.2.4 Azúcar de la leche (lactosa)**

Es un disacárido de fórmula  $C_{12}H_{22}O_{11}$ .  $H_2O$ , está compuesta de los monosacáridos *glucosa* y *galactosa*.

La lactosa tiene importancia tecnológica en todos los procesos de acidificación de la leche (leches fermentadas, maduración de la nata), ya que sirve de medio de cultivo para las bacterias acidolácticas, así como para su obtención directa (Speer, 1975, p. 13-14).

### **2.2.5 Minerales y sales en la leche**

La leche contiene un cierto número de minerales. Su concentración total es inferior al 1%. Las sales minerales se encuentran disueltas en el suero de la leche o formando compuestos con la caseína. Las sales más importantes son las de calcio, sodio, potasio y magnesio. Se encuentran como fosfatos, cloruros, citratos y caseinatos. Las sales de potasio y calcio son las más abundantes en la leche normal.

### **2.2.6 Otros constituyentes de la leche**

La leche contiene siempre células somáticas (glóbulos blancos o leucocitos). Su contenido es bajo cuando se trata de leche procedente de ubres sanas, pero aumenta si se trata de una ubre enferma.

La leche contiene también gases disueltos, que significa el 5-6% en volumen de la leche fresca de la ubre, pero al llegar a la central lechera el contenido de gas puede ser hasta el 10% en volumen. Principalmente si se trata de anhídrido carbónico, nitrógeno y oxígeno. Estos gases están en la leche de tres formas:

1. disueltos en la leche
2. ligados y, por lo tanto, no separables de la leche
3. dispersos en la leche

Los gases dispersos y disueltos constituyen un serio problema en el procesado de la leche, ya que están relacionados con el quemado de la leche sobre las

superficies de calentamiento si tiene un contenido excesivo de gases (Tetra Pack, 2003, p. 31).

### **2.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS**

La leche tiene un sabor ligeramente dulce y un aroma delicado. El sabor dulce proviene de la lactosa, mientras que el aroma se origina principalmente de la grasa.

Sin embargo, la leche absorbe fácilmente olores del ambiente como el olor del establo o de pintura recién aplicada. Además, ciertas clases de forrajes consumidos por las vacas le proporcionan cambios en sabor y olor a la leche. También la acción de microorganismos puede tener efecto desagradable en cuanto al sabor y olor.

La leche posee un color ligeramente blanco amarillento debido a la grasa y a la caseína. Los glóbulos de grasa y, en menor grado, caseína, impiden que la luz pase a través de ella, por lo cual la leche parece blanca. El color amarillo de la leche se debe a la grasa, en donde se encuentra el caroteno, que es un colorante natural que la vaca absorbe con la alimentación de forrajes verdes. La leche descremada toma un color azulado, causado por la riboflavina o vitamina B<sub>2</sub> (Meyer, 2006, p. 16).

## **2.4 EL YOGUR**

### **2.4.1 Historia del yogur**

El origen del yogur se sitúa en Turquía aunque hay quien lo ubica en los Balcanes, Bulgaria o Asia Central. Los pueblos nómadas transportaban la leche fresca que obtenían de los animales en sacos, generalmente, de piel de cabra.

El calor y el contacto de la leche con la piel de cabra proporcionaban la multiplicación de las bacterias lácticas que fermentaban la leche. Así, la leche se convertía en una masa semisólida por coagulación.

Galeno, en el siglo II, destacó su efecto beneficioso para los problemas del estómago. Pero es a comienzos del siglo XX cuando el yogur comienza a formar parte de los hábitos alimentarios de la población general. Elie Metchnikoff, miembro del instituto Pasteur y Premio Nobel en 1908, demostró los beneficios de las bacterias del yogur sobre las diarreas de los lactantes.

Por lo tanto, la leche y los productos lácteos son alimentos que el ser humano ha consumido desde hace milenios. La disponibilidad y distribución de la leche y los productos lácteos responden a una mezcla de siglos de arte tradicional con la aplicación de la ciencia y tecnología modernas (Bonet, s.f., p. 13-14).

### **2.4.2 Terminología**

- **Yogur.-** Es el producto lácteo obtenido por fermentación de la leche o mezcla de esta con derivados lácteos, mediante la acción de bacterias

lácticas *Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, pudiendo estar acompañadas de otras bacterias ácido lácticas que por su actividad le confieren las características al producto terminado; estas bacterias deben ser viables y activas desde su inicio y durante toda la vida útil del producto.

- **Leche fermentada con ingredientes.-** Son productos lácteos compuestos, que contienen un máximo de 30% (m/m) de ingredientes no lácteos (tales como edulcorantes nutritivos y no nutritivos, frutas y verduras así como jugos, puré, pastas, preparados y conservadores derivados de los mismos, cereales, miel, chocolate, frutos secos, café, especias y otros alimentos aromatizantes naturales e ino cuos) y/o sabores.

### 2.4.3 Clasificación

De acuerdo a sus características las leches fermentadas, se clasifican:

#### Según el contenido de grasa

- a) Tipo I. Elaborado con leche entera, leche integra o leche integral
- b) Tipo II Elaborado con leche semidescremada o semidesnatada
- c) Tipo III Elaborado con leche descremada o desnatada

#### De acuerdo a los ingredientes, las leches fermentadas, se clasifican en:

- a) natural
- b) con fruta
- c) azucarado

- d) edulcorado
- e) con otros ingredientes
- f) saborizado o aromatizado

**De acuerdo al proceso de elaboración en:**

- a) batido
- b) coagulado o aflanado
- c) bebible
- d) concentrado
- e) deslactosado

**Requisitos**

- Se permite a las leches fermentadas la adición de otros ingredientes como: hortalizas, miel, chocolate, cacao, frutos secos, coco, café, cereales, ingredientes funcionales (nutraceúticos), especias y otros ingredientes naturales.
- El peso total de las sustancias no lácteas agregadas a las leches fermentadas no será superior al 30% del peso total del producto (INEN, 2006, Leches fermentadas. Requisitos, norma n° 2395, p. 1-5).

**Tabla 2.** Especificaciones del las leches fermentadas

REQUISITOS	TIPO I		TIPO II		TIPO III		MÉTODO DE ENSAYO
	Mín.%	Máx. %	Mín.%	Máx. %	Mín.%	Máx. %	
<b>Contenido de grasa</b>	3.0	–	1.0	<3.0	–	<1.0	INEN 12
<b>Acidez*, % m/m</b>							INEN 13
Yogur	0.6	1.5	0.6	1.5	0.6	1.5	
Kefir	0.5	1.5	0.5	1.5	0.5	1.5	
Kumis	–	0.7	–	0.7	–	0.7	
Leche cultivada	0.6	2.0	0.6	2.0	0.6	2.0	
Bebida láctea	0.5	1.5	0.5	1.5	0.5	1.5	
<b>Proteína, % m/m</b>							INEN 016
En yogur, kefir, kumis, leche cultivada	2.7	–	2.7	–	2.7	–	
En bebidas lácteas a base de leches fermentadas	1.8	–	1.8	–	1.8	–	
<b>Alcohol etílico, % m/v</b>							INEN 379
En kefir suave	0.5	1.5	0.5	1.5	0.5	1.5	
En kefir fuerte	–	3.0	–	3.0	–	3.0	
Kumis	0.5	–	0.5	–	0.5	–	
<b>Ensayo de fosfatasa</b>	Negativo		Negativo		Negativo		INEN 19
* Expresado en ácido láctico							

Fuente: INEN, 2006, Leches fermentadas. Requisitos, norma n° 2395, p. 4.

#### **2.4.4 Proceso de fabricación del yogur**

El proceso de fabricación del yogur consta de varias etapas que se indica a continuación:

##### **2.4.4.1 Selección de la leche**

La leche más apropiada es la que posea un contenido elevado de proteínas, por razón de su alta densidad. A pesar de ello, no es necesario elegir leche con una proporción elevada de extracto seco para la producción de yogur. Más importante es considerar el contenido microbiano y evitar la presencia de sustancias inhibitoras, la leche no contendrá bacteriófagos ni antibióticos o restos de desinfectantes, pues pueden ocasionar notables disturbios en la producción (Speer, 1975, p. 301-302).

##### **2.4.4.2 Normalización de la leche**

El contenido en grasa y de sólidos de la leche se normaliza habitualmente de acuerdo con las normas y principios FAO/OMS que se indican a continuación:

##### **Grasa**

El yogur puede tener un contenido en grasa de 0 a 10%. Sin embargo, lo más habitual es un contenido en grasa de 0.5-3.5%.

##### **Contenido en materia seca (MS)**

Según lo establecido por la FAO/OMS, el contenido mínimo de sólidos no grasos de origen lácteo debe ser del 8.2%. El incremento en el contenido total de MS,

especialmente de la proporción de caseína y proteínas del suero, dará lugar a un yogur de más consistencia, reduciéndose la tendencia a la separación de suero.

Los métodos más comunes para normalizar el contenido de MS son:

- Evaporación, donde normalmente se evapora de un 10-20% del volumen de la leche.
- Adición de leche desnatada en polvo, normalmente hasta el 3%.
- Adición de leche concentrada.

#### **2.4.4.3 Aditivos en la leche**

En la producción de yogur se puede añadir a la leche sustancias estabilizantes y azúcar o edulcorantes.

##### **Azúcar o edulcorantes**

El disacárido sacarosa, o un monosacárido como la glucosa, se puede añadir solo o en combinación con frutas. Un edulcorante no tiene valor nutritivo pero proporciona el sabor dulce incluso si se añade en pequeñas dosis.

Las frutas normalmente contienen alrededor de un 50% de azúcar, por lo que la dulzura requerida se puede conseguir mediante la adición de un 12-18% de fruta.

Se ha de señalar que la adición de demasiada cantidad de azúcar (más del 10%) a la leche antes del período de inoculación/incubación tiene un efecto adverso sobre

las condiciones de fermentación debido a que cambia la presión osmótica de la leche.

### **Sustancias estabilizantes**

Los coloides hidrófilos tiene la propiedad de ligar agua. Con ellos se aumenta la viscosidad del producto y contribuyen a la prevención de la separación de suero en el mismo. Si se utiliza un exceso de estabilizante, o éste no es el correcto, el producto puede adquirir una consistencia dura y elástica, como de goma.

Los estabilizantes se emplean en la producción de yogur con frutas, y yogur pasteurizado. Los estabilizantes como gelatina, pectina, almidón y agar-agar son las sustancias más comúnmente usadas en una proporción de 0.1-0.5%.

#### **2.4.4.4 Desaireación**

El contenido de aire de la leche utilizada en la producción de productos lácteos acidificados debe ser tan bajo como sea posible. Cuando el contenido de SNG se aumenta por evaporación, la dasaireación es una parte de ese proceso. Mediante la desaireación se consigue las siguientes ventajas:

- Mejoran las condiciones de trabajo del homogeneizador.
- Estabilidad y viscosidad mejoradas en el yogur finalmente obtenido.
- Eliminación de malos aromas volátiles (desodorización).

#### **2.4.4.5 Homogeneización**

Los motivos principales de la homogeneización de la leche que se va a utilizar en la fabricación de productos lácteos acidificados son: prevenir la separación de la nata durante en período de incubación y asegurar una distribución uniforme de la grasa de la leche.

La homogeneización debe realizarse a 58-60°C y 150 a 200 kp/cm<sup>2</sup>.

#### **2.4.4.6 Tratamiento térmico**

La leche se trata térmicamente antes de proceder a la inoculación de los cultivos.

Esto se hace con el objeto de:

- Mejorar las propiedades de la leche como sustrato para las bacterias del cultivo industrial.
- Asegurar que el coágulo del yogur terminado sea firme.
- Reduce el riesgo de separación de suero en el producto terminado.

Se consiguen resultados óptimos por medio del tratamiento térmico de la leche a 90-95°C durante 5 minutos. Esta combinación tiempo/temperatura desnaturaliza alrededor del 70-80% de las seroproteínas. En particular la  $\beta$ -lactoglobulina, que es la principal seroproteína, interactúa con la  $\kappa$ -caseína, con lo que se facilita que el yogur adquiera “cuerpo” (Tetra Pack, 2003, p. 244-246).

#### **2.4.4.7 Concentración**

La leche entera se concentra hasta una densidad mínima de 1.037g/ml y la descremada hasta 1.038g/ml como mínimo para aumentar el extracto seco de manera que el producto tenga una consistencia más firme (Meyer, 2006, p. 62).

La densidad exigida puede lograrse por dos procedimientos:

- a) Concentración de la leche por sustracción de agua.
- b) Adición de leche en polvo (Speer, 1975, p. 303).

#### **Concentración por sustracción de agua**

Desde el intercambiador de calor, la leche caliente pasa a un envase a vacío donde se evapora un 10-20% del agua presente en la leche, el contenido de MS se incrementará en aproximadamente 1.5-3.0%.

#### **Adición de leche en polvo**

La leche en polvo debe ser de buena calidad. Primero se disuelve el 3% de leche en polvo en la leche caliente antes de la pasteurización.

#### **2.4.4.8 Enfriamiento de la leche**

La leche se enfría después de ser pasteurizada, hasta la temperatura deseada de inoculación, normalmente de 40°C – 45°C (Tetra Pack, 2003, p. 248-249).

#### **2.4.4.9 Preparación del cultivo y siembra**

El cultivo debe aportar a la leche las bacterias acidolácticas que son responsables del proceso de acidificación. Dado que la calidad del producto depende fundamentalmente de esto, es necesario prestar atención preferente a la composición.

#### **Composición del cultivo**

El cultivo para el yogur debe constar exclusivamente de las especies bacterianas termófilas siguientes:

*Lactobacillus bulgaricus* y

*Streptococcus thermophilus*

No debe contener otras especies no termófilas, ya que, de lo contrario sufriría el cultivo una acidificación demasiado intensa después de la refrigeración.

Ambas especies bacterianas viven en el yogur en una simbiosis (vida asociada de organismos distintos con beneficio mutuo). Esta simbiosis exige una determinada proporción entre cocos y bacilos en el cultivo.

La relación cuantitativa entre el *Streptococcus thermophilus* y el *Lactobacillus bulgaricus* debe ser de 1:1 a 2:3 aproximadamente.

Las temperaturas más favorables para el desarrollo del *Streptococcus thermophilus* son de 38 a 44°C y para el *Lactobacillus bulgaricus* de 41 a 43°C.

Por consiguiente, la temperatura de incubación influye sobre la proporción entre ambas especies bacterianas.

La cantidad sembrada al preparar el cultivo es de 2.5 al 3%. La temperatura de incubación es de 42-43°C y la duración de ésta viene a ser de unas 2.5h. La incubación debe terminarse cuando se haya alcanzado el punto isoeléctrico y se produce, por tanto, la coagulación.

El punto isoeléctrico es una reacción (pH) en la cual muestran igualdad de cargas eléctricas las moléculas de los cuerpos químicos disociados con grupos ácidos y básicos, es decir, el número de iones con carga positiva es entonces igual a las cargas negativas.

Las moléculas proteicas tienden a formar sales con los ácidos (o también con las bases) en este estado de equilibrio eléctrico y de ahí que se produzca la coagulación de las proteínas.

Como la caseína consta de varias fracciones, su coagulación no se produce a un pH determinado, sino dentro de un margen o intervalo de acidez.

El *margen isoeléctrico* se encuentra para la caseína en un pH comprendido entre 4.6 y 4.9. A pH 4.65 se coagulan la mayor parte de las fracciones de la caseína, por lo que ese valor se considera como *punto isoeléctrico* (Speer, 1975, p. 307-308).

Cuando se añade cultivos concentrados, congelados o liofilizados directamente, se precisa un tiempo de incubación más largo, de 4-6 horas a 43°C, ya que se tiene una fase latente más larga.

#### **2.4.4.10 Enfriamiento del gel**

En la fase final de la incubación, cuando se alcanza el pH requerido (normalmente 4.2-4.5), la temperatura de yogur debe bajarse rápidamente a 15-22°C. Esto detiene temporalmente cualquier incremento posterior de la acidez. Al mismo tiempo el gel debe someterse a un tratamiento mecánico suave, con objeto de que el producto final tenga la consistencia correcta.

#### **2.4.4.11 Aromatización del yogur**

Después de su enfriamiento de 15-22°C, el yogur está listo para su llenado, se puede añadir diferentes aromatizantes y frutas.

#### **2.4.4.12 Envasado**

El envasado del yogur se realiza utilizando máquinas llenadoras o aparatos manuales. Los envases pueden ser de material plástico, el tamaño de los envases varía de un mercado a otro (Tetra Pack, 2003, p. 250-251).

#### **2.4.4.13 Almacenamiento**

Llangari (1991), recomienda mantener el yogur en refrigeración (4-5°C), para detener el desarrollo de la acidez y aumentar su tiempo de conservación (p. 26).

## 2.4.5 Composición típica de un yogur con frutas

**Tabla 3.** El yogur con frutas

Grasa	0.5-3%
Lactosa	3-4.5%
Sólidos lácteos no grasos	11-13%
Estabilizantes, en su caso	0.3-0.5%
Fruta	12-18%

Fuente: TETRA, P. 2003. Manual de industrias lácteas, España, p. 244.

## 2.5 ALIMENTOS FUNCIONALES

Madrigal y Sangronis (2007), mencionan que: alimento funcional es aquel que contiene un componente, nutriente o no nutriente, con efecto selectivo sobre una o varias funciones del organismo, con un efecto añadido por encima de su valor nutricional y cuyos efectos positivos justifican que pueda reivindicarse su carácter funcional o incluso saludable. Actualmente los principales alimentos funcionales son aquellos derivados de la leche ya que los lácteos son de consumo diario por la inmensa mayoría de la población (quesos, yogures, leche...).

### 2.5.1 Prebióticos

Según ar. answers s.f., los prebióticos son alimentos no digeribles que mejoran la salud del individuo porque fermentan en el colon y estimulan el crecimiento o la actividad de un grupo de bacterias a ese nivel; es decir, actúan como nutriente de la flora gastrointestinal constituida en gran medida por las *bífido-bacterias* y *lactobacilos*. A diferencia de las bacterias vivas de los probióticos, los prebióticos

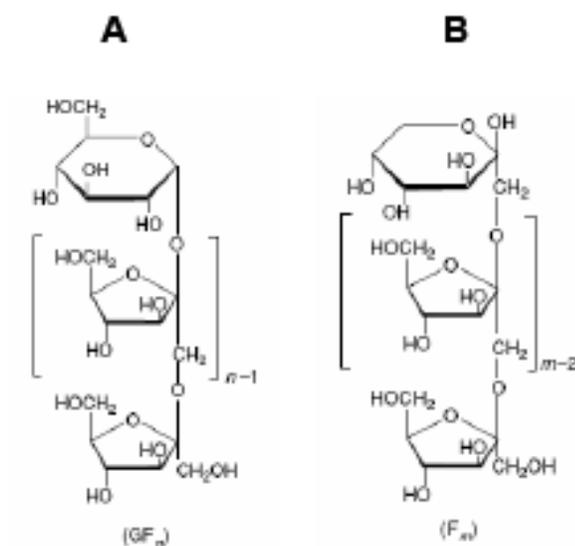
son solamente sustancias que ayudan, sin vida, a modo de complementos energéticos para las bacterias beneficiosas propias del organismo.

### **2.5.2 Inulina y sus orígenes**

La inulina es un carbohidrato de reserva energética presente en más de 36.000 especies de plantas, aislada por primera vez en 1804, a partir de la especie *Inula helenium*, por un científico alemán de apellido Rose. En 1818, Thomson, un científico británico, le dio el nombre actual.

La inulina está constituida por moléculas de fructosa unidas por enlaces  $\beta$ -(2→1) fructosil-fructosa, siendo el término “fructanos” usado para denominar este tipo de compuestos, con un grado de polimerización de 2 a 60.

En la figura 2 se observa la estructura química de la inulina: con una molécula terminal de glucosa ( $\beta$ -D-glucopiranosil) (A) y con una molécula terminal de fructosa ( $\beta$ -D-fructopiranosil) (B).



**Figura 2.** Estructura química de la inulina

Fuente: MADRIGAL, L.; SANGRONIS, E. 2007. La inulina y sus derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. p. 388.

En la Tabla 4 se presenta el contenido aproximado de inulina en algunas plantas comestibles. Las especies con mayor contenido de inulina la almacenan en la parte subterránea de la planta. Son pocas las especies apropiadas para obtener fructanos a nivel industrial, a comienzos de la presente década, la inulina se obtenía a partir de dos especies: la papa (*Helianthus tuberosus*) y la achicoria (*Cichorium intybus*), siendo ésta última la fuente industrial más común.

**Tabla 4.** Contenido promedio de inulina en diferentes especies vegetales

<b>Especie vegetal</b>	<b>Inulina (g/100g base seca)</b>
Pataca ( <i>Helianthus tuberosus</i> )	89
Achicoria ( <i>Chicorium Intibus</i> )	79
Raiz de dalia ( <i>Dahlia spp.</i> )	59
Cebolla ( <i>Allium cepa L.</i> )	48
Ajoporro ( <i>Allium porrum L.</i> )	37
Ajo ( <i>Allium sativum</i> )	29
Yacon ( <i>Smallantus sonchifoluis</i> )	27
Esparrago ( <i>Asparragus ofcinalis L.</i> )	4
Cambur ( <i>Musa cavendishii</i> )	2
Centeno ( <i>Cecale cereale</i> )	1

Fuente: MADRIGAL, L.; SANGRONIS, E. 2007. La inulina y sus derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. p. 388.

### **2.5.2.1 Botánica de la Achicoria**

La achicoria (*Cichorium intybus*) es una planta herbácea perenne, de la familia de las *Asteráceas*, que mide entre 80 y 90cm de alto. Sus raíces son blancas en su interior y amarillo-marrón en el exterior. Las hojas son de forma oblonga y dentada. Sus frutos son secos e indehiscentes, de 3mm de largo y de ancho, de color negro-marrón que se aclaran al madurar. Esta planta se encuentra geográficamente distribuida en muchas regiones del mundo: Europa central y del norte, Liberia, Turquía, Afganistán, China norte y central, sur de América, sur de África, Etiopía, Madagascar, India, Australia y Nueva Zelanda. En general,

cuando la achicoria se cultiva para aprovechar sus raíces, se requiere climas húmedos y calientes (Madrigal y Sangronis, 2007, p. 388-389).



**Foto 1.** Raíz de achicoria  
Fuente: CHICORY ROOT s.f.

#### **2.5.2.2 Características físicas y químicas de la inulina y derivados**

Los fructanos por su configuración química no pueden ser hidrolizados por las enzimas digestivas del hombre y de animales, por lo que permanecen intactos en su recorrido por la parte superior del tracto gastrointestinal, pero son hidrolizados y fermentados en su totalidad por las bacterias de la parte inferior del tracto gastrointestinal (intestino grueso, colón). De esta manera, este tipo de compuestos se comportan como fibra dietética. Los fructanos aportan un valor calórico reducido (1.5kcal/g) si se comparan con los carbohidratos digeribles (4kcal/g). En la Tabla 5 se presenta un resumen de las características de la inulina, la oligofructosa y una inulina purificada o llamada de “alto desempeño” o HP (*high performance*).

**Tabla 5.** Características fisicoquímicas de la inulina, inulina de “alto desempeño” (HP) y oligofruktosa

<b>Características</b>	<b>Inulina</b>	<b>Inulina HP</b>	<b>Oligofruktosa</b>
Estructura química (*)	GF <sub>n</sub> (2=n=60)	GF <sub>n</sub> (10=n=60)	GF <sub>n</sub> + F <sub>n</sub> (2=n=7)
GP <sub>prom</sub>	12	25	4
Materia seca (g/100g)	95	95	95
Pureza (g/100g)	92	99.5	95
Azúcares (g/100g)	8	0.5	5
pH	5-7	5-7	5-7
Cenizas (g/100g)	<0.2	<0.2	<0.2
Metales pesados (g/100g)	<0.2	<0.2	<0.2
Apariencia	Polvo blanco	Polvo blanco	Polvo blanco o jarabe viscoso
Sabor	Neutral	Neutral	Moderadamente dulce
Dulzor %(vs. Sacarosa=100%)	10	Ninguno	35
Solubilidad en agua a 25°C (g/L)	120	25	> 750
Viscosidad en agua (5% p/p sol. acuosa) a 10°C (mPa.s)	1.6	2.4	< 1.0
Funcionalidad en alimentos	Sustituto de grasas	Sustituto de grasas	Sustituto de azúcar
Sinergismo	Con agentes gelificantes	Con agentes gelificantes	Con edulcorantes intensos

(\*) G: unidades de glucosa, F: unidades de fructosa

Fuente: MADRIGAL, L.; SANGRONIS, E. 2007. La inulina y sus derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. p. 390.

La inulina nativa, a diferencia de la inulina HP o de alta pureza, contiene azúcares libres (glucosa, fructosa, sacarosa), lo que le confiere cierto dulzor (10% del dulzor de la sacarosa). La inulina HP presenta menor solubilidad que la inulina nativa, debido a la casi total ausencia de azúcares libres (0,5% de materia seca).

La inulina mejora la estabilidad de emulsiones y espumas, por lo que se usa como estabilizante en diversos productos alimenticios (helados, salsas, untables, postres

cremosos, etc.). Se observa una sinergia entre la inulina y otros agentes gelantes como la gelatina, alginatos, carraginosos, gomas y maltodextrinas (Madrigal y Sangronis, 2007, p. 390).

Gerdes (2007), manifiesta que: el prebiótico inulina puede ser empleado en productos lácteos, por ejemplo en leche chocolatada frecuentemente en combinación con carragenina. La inulina ayuda a la palatabilidad para productos bajos o sin grasa a un nivel de uso entre 1 a 5%. En bebidas de soya, ayuda a enmascarar notas de sabor indeseables.

La inulina también puede ser usada como sustituto de grasa en quesos bajos en ésta. En quesos procesados puede auxiliar en la disminución de grasa de 3 a 5%. En quesos duros, puede sustituir el caseinato y almidón. En los quesos frescos, la inulina liga agua y limita la pérdida de la misma durante el cocimiento. En el queso ricota, la inulina puede reemplazar a las gomas guar y baraya, las cuales son muy costosas (p. 9).

La oligofructosa es producida por hidrólisis enzimática parcial de la inulina de achicoria. Es una mezcla de oligosacáridos compuestos por unidades de fructosa unidas entre sí mediante enlaces  $\beta$  (2-1), con un grado de polimerización de 2 a 8.

Tiene mayor solubilidad y dulzor, así como un efecto sinérgico con edulcorantes como el acesulfame K y aspartame, con mejoras en el efecto residual. La oligofructosa es estable a altas temperaturas, con propiedades

humectantes, reduce la actividad de agua y por tanto propicia la estabilidad microbiológica y afecta los puntos de fusión y ebullición, adicionalmente.

La viscosidad de la oligofructosa a 10°C en solución acuosa al 5% p/p, es la menor de los fructanos y es una característica clave para la formación de geles y su uso como un sustituto de grasas.

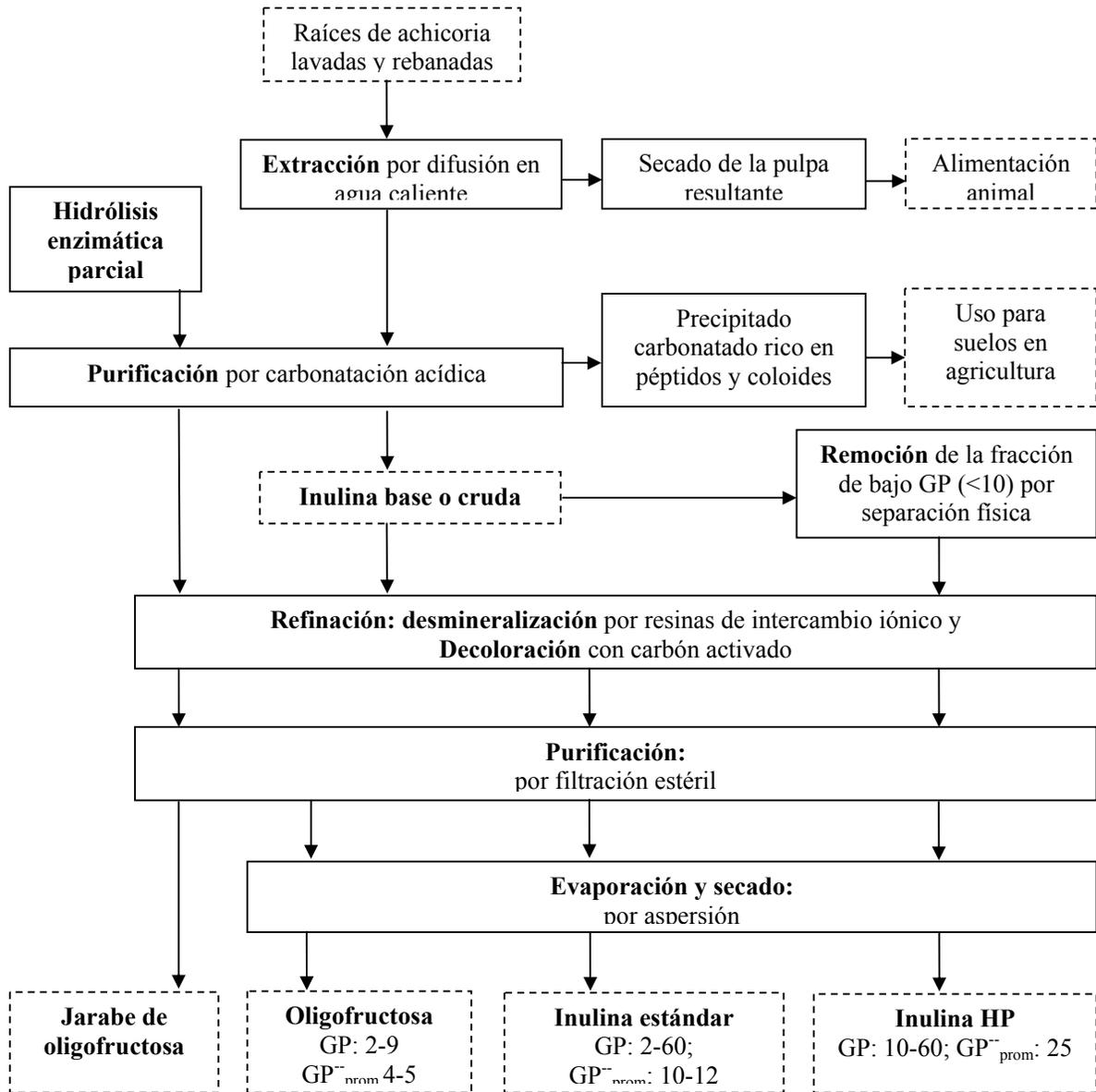
La oligofructosa posee propiedades tecnológicas similares a la sacarosa y al jarabe de glucosa. A pH menores de 4.0, los enlaces tipo Beta de las unidades de fructosa, tanto en la inulina como la oligofructosa, se hidrolizan con la consecuente formación de fructosa. Por esta razón, estos compuestos no pueden ser usados en alimentos muy ácidos (Madrigal y Sangronis, 2007, p. 389-390).

Entre otros productos derivados de la inulina está la carboximetilulinulina (CMI), un compuesto obtenido por carboxilación de la inulina, usado para reducir la formación y crecimiento de incrustaciones en las paredes de las tuberías, contenedores, cámaras de reacción o separación.

### **2.5.2.3 Tecnología de Producción**

La producción industrial de la inulina y sus derivados se obtiene exclusivamente de la raíz de la achicoria. En la Figura 3 se muestra un esquema de la producción de la inulina y de algunos de sus derivados. Alternativamente, la oligofructosa se puede sintetizar a partir de la sacarosa, la cual es sometida a transfructosilación

por acción de la enzima b-fructofuranosidasa (Madrigal y Sangronis, 2007, p. 390).



**Figura 3.** Procesos de obtención industrial de la inulina y derivados

Fuente: MADRIGAL, L.; SANGRONIS, E. 2007. La inulina y sus derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. p. 391.

#### **2.5.2.4 Usos de la inulina como ingrediente**

La inulina y sus derivados ofrecen múltiples usos como ingredientes en la formulación de productos (Tabla 6). La inulina tiene propiedades similares a las del almidón, mientras que la oligofructosa presenta propiedades más parecidas a la sacarosa. La inulina mejora la aceptabilidad de yogures elaborados con leche descremada, impartándole una mayor cremosidad, también actúa como agente espesante, retiene el agua y estabiliza geles. Los geles se pueden formar por efecto mecánico o térmico y el obtenido por el segundo método presenta mejor textura y firmeza. La capacidad de formar gel es determinante en su uso como sustituto de grasas en productos lácteos, untables, aderezos, salsas y otros productos en los que las propiedades funcionales que otorgan las grasas son indispensables para lograr los efectos sensoriales deseados por los consumidores (Madrigal y Sangronis, 2007, p. 393).

**Tabla 6.** Propiedades funcionales de la inulina y derivados

<b>Aplicación</b>	<b>Funcionalidad</b>
Productos lácteos	Cuerpo y palatabilidad, capacidad de formar gel, emulsificante, sustituto de azúcares y grasa, sinergismo con edulcorantes.
Postres congelados	Textura, depresión en el punto de congelación, sustituto de azúcares y grasa, sinergismo con edulcorantes.
Productos untables	Estabilidad de emulsión, textura y capacidad de ser untado, sustituto de grasa.
Productos horneados	Disminución de la actividad de agua, sustituto de azúcares.
Cereales de desayuno	Crujencia, capacidad de expansión.
Preparación con frutas (no ácidas)	Cuerpo y palatabilidad, capacidad de formar gel, estabilidad de emulsión, sustituto de azúcares y grasas, sinergismo con edulcorantes.
Aderezos de ensaladas	Cuerpo y palatabilidad, sustituto de grasas.
Productos cárnicos	Textura, estabilidad de emulsión, sustituto de grasas.
Chocolates	Sustituto de azúcares, humectante.

Fuente: MADRIGAL, L.; SANGRONIS, E. 2007. La inulina y sus derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. p. 393.

#### **2.5.2.5 La inulina y sus beneficios para la salud**

El uso de la inulina o sus derivados aportan beneficios a la salud como fibra dietética, con los efectos fisiológicos atribuibles a este tipo de compuestos, como son la disminución de los niveles lipídicos y glucosa en sangre y la acción laxante.

Otro beneficio comprobado ligado al anterior, es la capacidad de la inulina de modular la flora intestinal, esto se debe a su efecto prebiótico. Estudios in vivo muestran que solo 4g de inulina o de sus compuestos relacionados diarios son efectivas para incrementar el número de bacterias beneficiosas en el colon.

La inulina y derivados tienen un aporte calórico reducido (máximo de 1.5kcal/g), atribuibles a la resistencia en la digestión y posterior hidrólisis y fermentación por la flora intestinal selectiva del intestino grueso. Solo los ácidos grasos de cadena corta obtenidos como producto metabólico de la actividad bacteriana en el intestino grueso contribuyen a proveer energía al individuo. El valor calórico de 1,5kcal/g es usado para propósitos legales de información en el etiquetado. Por su efecto hipoglicemiante, la inulina se recomienda en la dieta de individuos con diabetes.

Investigaciones con ratas y humanos indican un incremento de la absorción de calcio y otros minerales cuando se usa inulina y sus derivados en la dieta, con consecuencias positivas en el contenido y densidad de los huesos. En adolescentes, la dosis necesaria para observar esos resultados fue 8g/día de inulina durante 8 semanas. También se demostró el efecto positivo de la inulina y sus derivados en la absorción de magnesio.

Con respecto al cáncer, se demostró que la administración de prebióticos (inulina y oligofructosa) disminuye el crecimiento de cáncer de colon en ratas. El mecanismo aún no está claro, pero los resultados parecen señalar como

responsable a la acción combinada de dos factores: el aumento de los ácidos grasos de cadena corta (producto de la fermentación de los prebióticos) y la disminución de la proliferación de las enzimas envueltas en la patogénesis del cáncer. Se observó la inhibición del cáncer mamario en ratas cuya dieta fue suplementada con inulina.

Existen otras funciones promisorias de la inulina que aun están en estudio, entre ellas el aumento a la resistencia a infecciones intestinales, atenuación de enfermedades inflamatorias del intestino, estimulación del sistema inmune, con la consecuente resistencia a las infecciones. Sin embargo, es importante considerar que estudios en seres humanos han demostrado que dosis mayores a 30g/día de inulina y oligofructosa ocasionan efectos gastrointestinales adversos.

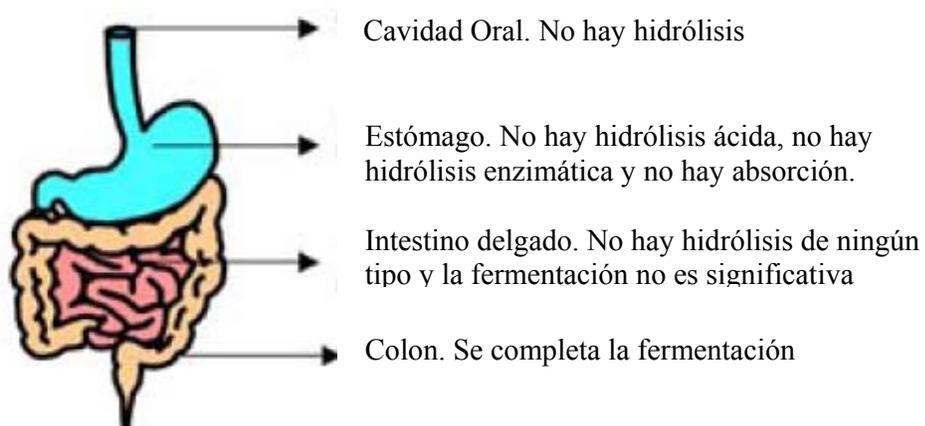
Es importante destacar que tanto la inulina como sus derivados fueron aceptados como ingredientes GRAS (generalmente reconocido como seguro) por el FDA desde 1992, lo cual indica que pueden usarse sin restricciones en formulaciones alimenticias incluso en las destinadas para infantes.

Los importantes beneficios de la inulina y derivados han sido ampliamente explotados en el mercado e incluso utilizados para alegaciones contundentes en las campañas de mercadeo (Madrigal y Sangronis, 2007, p. 394)

### 2.5.2.6 Funcionamiento intestinal óptimo

La inulina y la oligofruktosa son fibras dietéticas vegetales que no se digieren ni en el estómago ni en el intestino delgado y, por lo tanto, tienen un aporte calórico reducido.

A diferencia de otros componentes alimentarios como las grasas, las proteínas o muchos hidratos de carbono –que el organismo se descompone y absorbe– la fibra no es digerida por el organismo. Por lo tanto, pasa prácticamente intacta por el estómago y el intestino delgado, es utilizada total o parcialmente como fuente de nutrientes por la microflora del colon (mediante la fermentación) (Funcionamiento intestinal óptimo, s.f.).



**Figura 4.** Metabolismo de la inulina a través de tracto digestivo

Fuente: SOLIS, A. MUNDO ALIMENTARIO. 2008. Inulina: Un prebiótico natural. p. 19.

Uno de los pilares de cualquier nutrición saludable es una dieta rica en fibra, dado que aporta una menor densidad energética, a menudo va acompañada de un menor contenido en grasas y tiene un volumen más alto (esto es, menos calorías por el mismo volumen de alimentos).

**Por lo tanto, la ingesta habitual de la inulina y sus derivados contribuye a:**

- promover una evacuación intestinal con regularidad
- mejorar el tránsito intestinal
- mejorar la salud intestinal
- promover un sistema digestivo saludable (Funcionamiento intestinal óptimo, s.f.).

#### **2.5.2.7 Estimulación de la flora intestinal beneficiosa**

**La flora intestinal desempeña un papel clave en el sistema de defensa del organismo.**

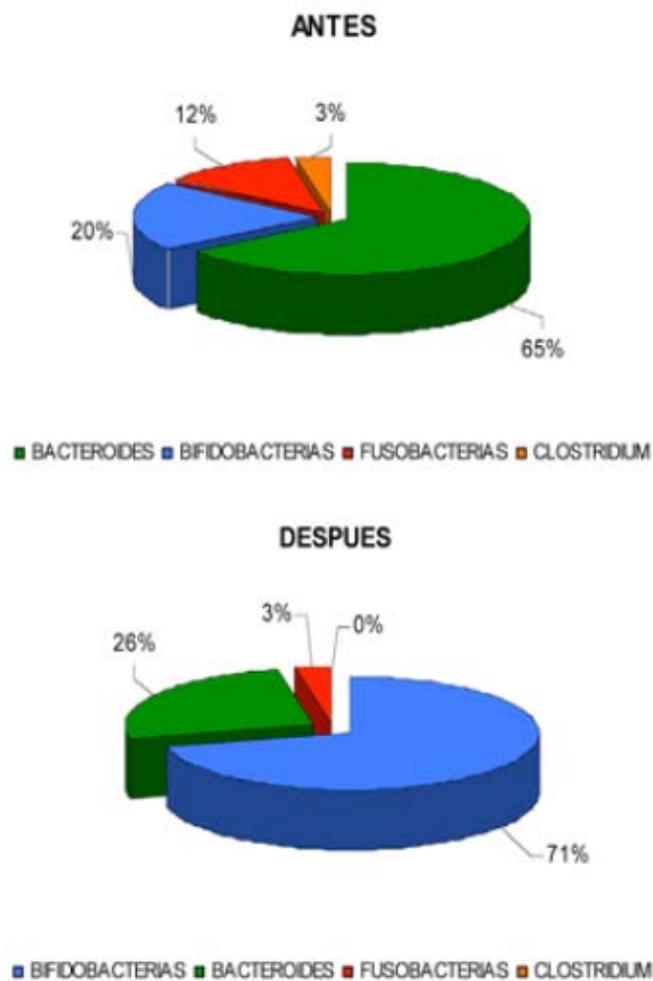
El sistema digestivo contiene miles de millones de bacterias –algunas buenas, otras malas-. Por lo tanto, es fundamental asegurarse de que estimulamos las bacterias beneficiosas tanto como sea posible, a fin de estimular una buena función intestinal y reducir los problemas digestivos.

La investigación científica ha demostrado que la inulina y oligofruktosa estimulan selectivamente las bacterias beneficiosas, que también se denominan *bifidobacterias*. Así pues, estas bacterias pueden imponerse y asegurarse de que las bacterias patógenas no se desarrollen correctamente y se mantenga el sistema

digestivo en equilibrio. Esta estimulación selectiva por parte de la inulina y la oligofruetosa se denomina «**efecto prebiótico**».

Estas fibras ayudan a reforzar el sistema de defensa del organismo, protegiendo el delicado equilibrio de la flora intestinal. Este efecto positivo es una consecuencia del efecto «**bifidogénico**» o efecto «**prebiótico**».

La inulina y la oligofruetosa son los ingredientes alimentarios prebióticos más estudiados y más eficientes que conocemos en este momento (Estimulación de tu flora intestinal beneficiosa. s.f.).



**Figura 5.** Incremento de las bifidobacterias en el colon después de consumir inulina de 3 a 5g/día

Fuente: SOLIS, A. MUNDO ALIMENTARIO. 2008. Inulina: Un prebiótico natural. p. 19.

**A las bifidobacterias se les atribuyen las siguientes propiedades:**

- producción de vitaminas (especialmente vitamina B)
- estimulación del sistema inmunitario
- producción de compuestos antimicrobianos para proteger contra las bacterias patógenas

- protección contra el cáncer intestinal mediante la disminución de la producción de compuestos tóxicos (Estimulación de tu flora intestinal beneficiosa. s.f.).

#### **2.5.2.8 Cantidad de ingredientes**

Una cantidad suficiente de ingredientes de la achicoria (científicamente conocidos como inulina y oligofructosa) para ejercer un efecto beneficioso sobre la salud:

- **Estimulación de las bacterias beneficiosas**, mejora de la flora intestinal (efecto prebiótico): 3 - 5g/día o 1,25g/porción de inulina u oligofructosa
- **Optimización de la función intestinal** (efecto de fibra): 8g/día o 2g/porción de inulina u oligofructosa
- **Aumento de la absorción de calcio**: 8g/día o 2g/porción.

Una porción generalmente contiene un 25% de la dosis diaria recomendada de inulina /oligofructosa necesaria para lograr el efecto deseado.

La ingesta de inulina u oligofructosa es acumulativa y puede proceder de distintas fuentes: como verduras o frutas (cebollas, puerros, trigo, ajo, plátanos,..etc.). Por lo tanto, no es difícil alcanzar los niveles recomendados diariamente (Expertos científicos. s.f.).

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

La investigación y la experimentación se realizó en la empresa de productos lácteos “SAN LUIS” en Cayambe.

##### **3.1.1 Ubicación del Experimento**

<b>Provincia:</b>	Pichincha
<b>Cantón:</b>	Cayambe
<b>Parroquia:</b>	Cayambe
<b>Lugar:</b>	Empresa de productos lácteos “SAN LUIS”
<b>Dirección:</b>	Chile 409 y Ascázubi
<b>Temperatura promedio:</b>	14°C
<b>Altitud:</b>	2860 m.s.n.m
<b>Fuente:</b>	Ilustre Municipio de Cayambe.

#### **3.2 MATERIALES Y SUMINISTROS**

##### **3.2.1 Materias primas e insumos**

- Leche al 0.5; 2.0; 3.5% de MG

- Inulina (nombre comercial ORAFTI GR )
- Oligofructosa (nombre comercial ORAFTI P95 )
- Fermento para yogur LYOFASY-4.80 F
- Sorbato de potasio

### **3.2.2 Equipos**

- Portaleches
- Cocina
- Balanza gramera
- Descremadora
- Centrífuga
- Baño maría
- Refrigerador
- Cronómetro
- Viscosímetro de Bostwick
- Acidómetro
- Agitador de acero inoxidable

### **3.2.3 Material de laboratorio**

- Pipetas
- Agitador de vidrio
- Vasos de precipitación
- Butirómetros

- Termómetro
- Lactodensímetro
- Probeta

#### **3.2.4 Reactivos**

- Fenolftaleína
- Ácido sulfúrico
- Alcohol iso amílico
- Hidróxido de sodio 0.1N
- Agua destilada

#### **3.2.5 Otros**

- Cucharas
- Jarra de medida
- Envases de polietileno con tapa
- Materiales de aseo y limpieza

### **3.3 MÉTODOS**

La presente investigación se dividió en dos fases:

- En la parte experimental de la fase uno se realizó yogur natural adicionando la fibra inulina, más un testigo utilizando leche semidescremada al 2.0% de materia grasa, con la adición de 1.0% de inulina y 1.0% de oligofructosa.

- En la parte experimental de la fase dos se realizó yogur natural adicionando la fibra oligofruetosa, más un testigo utilizando leche semidescremada al 2.0% de materia grasa, con la adición de 1.5% de inulina y 1.5% de oligofruetosa.

### 3.3.1 Factores en estudio de la fase uno

Los factores en estudio de la fase uno, para la evaluación de los prebióticos: inulina y oligofruetosa adicionados en la elaboración de yogur natural como alimento funcional son:

- Leche fresca con tres niveles de contenido graso y la fibra Inulina GR con dos porcentajes.

<b>% de grasa de la leche</b>	<b>A</b>
0.5	A1
2.0	A2
3.5	A3
<b>% Inulina GR</b>	<b>B</b>
2.0	B1
3.0	B2

### 3.3.2 Tratamientos

Los tratamientos resultaron de la combinación de los diferentes niveles de cada de cada uno de los factores mencionados anteriormente.

Nº	Tratamientos	Factor A	Factor B	Factor C
T1	A1B1	0.5	2.0	-
T2	A1B2	0.5	3.0	-
T3	A2B1	2.0	2.0	-
T4	A2B2	2.0	3.0	-
T5	A3B1	3.5	2.0	-
T6	A3B2	3.5	3.0	-
T7	A2B1C1	2.0	1.0	1.0

Para el tratamiento siete, es decir el testigo, se utilizó leche semidescremada al 2.0% de materia grasa, con la adición de 1.0% de inulina y 1.0% de oligofructosa.

### **3.3.3 Diseño Experimental**

#### **3.3.3.1 Tipo de diseño**

En la presente investigación, se utilizó un Diseño Completo al Azar con arreglo factorial  $A \times B + 1$ , para evaluar los diferentes niveles de inulina, en el proceso de evaluación de los prebióticos: inulina y oligofructosa adicionados en la elaboración de yogur natural como alimento funcional, en dónde:

**FACTOR A:** es el porcentaje de grasa de la leche

**FACTOR B:** es el porcentaje de inulina

#### **3.3.3.2 Características del experimento**

- Repeticiones: 3
- Tratamientos: 7
- Unidad experimental: 21
- Características de la unidad experimental: La unidad experimental constó de 2 litros de yogur natural que contiene el ingrediente funcional inulina.

### 3.3.3.3 Esquema de análisis estadístico

#### ESQUEMA DEL ADEVA

ADEVA	
Fuente de variación	Grados de libertad
Total	20
Tratamientos	6
Factor A	2
Factor B	1
Factor A x B	2
Testigo vs. otros	1
Error Experimental	14

### 3.3.3.4 Análisis funcional

El análisis funcional está en relación directa con el coeficiente de variación y para la diferencia significativa entre tratamientos se utilizó las pruebas de TUKEY al 5% para tratamientos y DMS para factores e interacciones. Para la variable no paramétrica se utilizó la prueba de Friedman.

### 3.3.4 Factores en estudio de la fase dos

Los factores en estudio de la fase dos, para la evaluación de los prebióticos: inulina y oligofructosa adicionados en la elaboración de yogur natural como alimento funcional son:

- Leche fresca con tres niveles de contenido graso y la fibra Oligofruktosa P95 con dos porcentajes.

<b>% de grasa de la leche</b>	<b>A</b>
0.5	A1
2.0	A2
3.5	A3
<b>% Oligofruktosa P95</b>	<b>C</b>
2.0	C1
3.0	C2

### 3.3.5 Tratamientos

Los tratamientos resultaron de la combinación de los diferentes niveles de cada de cada uno de los factores mencionados anteriormente.

Nº	Tratamientos	Factor A	Factor B	Factor C
T1	A1C1	0.5	-	2.0
T2	A1C2	0.5	-	3.0
T3	A2C1	2.0	-	2.0
T4	A2C2	2.0	-	3.0
T5	A3C1	3.5	-	2.0
T6	A3C2	3.5	-	3.0
T7	A2B2C2	2.0	1.5	1.5

Para el tratamiento siete, es decir el testigo, se utilizó leche semidescremada al 2.0% de materia grasa, con la adición de 1.5% de inulina y 1.5% de oligofruktosa.

### 3.3.6 Diseño experimental

#### 3.3.6.1 Tipo de diseño

En la presente investigación, se utilizó un Diseño Completo al Azar con arreglo factorial A x C + 1, para evaluar los diferentes niveles de oligofruktosa, en el proceso de evaluación de los prebióticos: inulina y oligofruktosa adicionados en la elaboración de yogur natural como alimento funcional, en dónde:

**FACTOR A:** es el porcentaje de grasa de la leche

**FACTOR C:** es el porcentaje de oligofruktosa

### 3.3.6.2 Características del experimento

- Repeticiones: 3
- Tratamientos: 7
- Unidad experimental: 21
- Características de la unidad experimental: La unidad experimental constó de 2 litros de yogur natural que contiene el ingrediente funcional oligofruktosa.

### 3.3.6.3 Esquema de análisis estadístico

#### ESQUEMA DEL ADEVA

ADEVA	
Fuente de variación	Grados de libertad
Total	20
Tratamientos	6
Factor A	2
Factor C	1
Factor A x C	2
Testigo vs. otros	1
Error Experimental	14

### 3.3.6.4 Análisis funcional

El análisis funcional está en relación directa con el coeficiente de variación y para la diferencia significativa entre tratamientos se utilizó las pruebas de TUKEY al 5% para tratamientos y DMS para factores e interacciones. Para la variable no paramétrica se utilizó la prueba de Friedman.

### **3.3.7 Variables a medirse en el producto terminado**

- Acidez de producto
- Viscosidad
- Sinéresis
- Porcentaje de grasa
- Porcentaje de inulina y de oligofructosa
- Análisis organoléptico

### **3.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE YOGUR NATURAL ADICIONADO INULINA Y OLIGOFRUCTOSA**

**Recepción:** La leche para producción de yogur debe ser de la más alta calidad bacteriológica, sin sustancias inhibidoras, la cual se recibió y pesó para conocer la cantidad de leche que entró a proceso.

**Filtración:** La leche se filtró a través de una tela fina, para eliminar cuerpos extraños.

**Control de calidad:** Se realizaron las diversas pruebas de control de calidad para comprobar que la leche se encuentre dentro de los parámetros óptimos para la elaboración de yogur:

- Prueba del alcohol al 75%
- Acidez
- Densidad
- Mastitis
- Análisis organoléptico (olor, color, sabor).
- Antibiótico
- Grasa
- Sólidos totales

**Estandarización de MG:** La grasa tiene un papel fundamental en la leche y por tanto en la elaboración de yogur. El proceso de medición se lo realizó por el

método de Gerber y la estandarización por el método de Pearson. En el proceso se utilizó leche con tres porcentajes de materia grasa: la primera, leche entera con 3.5% de MG, para la segunda y tercera se utilizó una descremadora para obtener leche descremada al 2.0% y 0.5% de MG respectivamente.

**Estandarización de ST:** Se adicionó leche en polvo descremada ( $\pm 3\%$ ) para estandarizar sólidos totales en las dos últimas leches.

**Pasteurización:** Se utilizaron recipientes de capacidad de seis litros, en los cuales se elaboró dos litros de yogur natural de cada unidad experimental. Se calentó la leche a una temperatura de 38°C, se agregó la inulina en la fase uno y la oligofruktosa en la fase dos del experimento (previamente disueltas en 200ml de leche a 38°C), en sus diferentes concentraciones y se continuó con el proceso de pasteurización de la leche utilizando fuego directo, a una temperatura de 85°C por 5 minutos, para eliminar los microorganismos patógenos y desnaturalizar las proteínas del suero, contribuyendo a la estabilidad del yogur.



**Foto 2.** Adición de la fibra prebiótica. UTN, 2010.



**Foto 3.** Pasteurización. UTN, 2010.

**Enfriamiento de la leche:** La leche pasteurizada se enfrió con agua por el método de baño maría hasta llegar a una temperatura de 45°C, temperatura óptima para el desarrollo del *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*.



**Foto 4.** Enfriamiento de la leche.  
UTN, 2010.

**Inoculación:** A la temperatura de 43°C, se adicionó según recomendaciones del fabricante el fermento industrial liofilizado LYOFASY-4.80-F, un cultivo a base de *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* agitando para su dispersión.

**Incubación:** Se inicia con la inoculación de los fermentos, produciéndose la fermentación láctica y la coagulación de la caseína de la leche, provocando la formación del gel, modificaciones en la viscosidad y el aumento del pH hasta llegar a 4.2 – 4.5 o acidez de 0.675% de ácido láctico. Este proceso duró alrededor de cuatro horas y se incubó en un sistema de baño maría.



**Foto 5.** Incubación. UTN, 2010.

**Batido:** El gel o coagulo se rompe por agitación manual suave utilizando un agitador, con el objeto de homogenizar y mantener una calidad uniforme en el producto y se adicionó el conservante (sorbato de potasio al 0.05%).



**Foto 6.** Agitación manual del coagulo. UTN, 2010.



**Foto 7.** Conservante (sorbato de potasio). UTN, 2010.

**Enfriamiento del yogur:** El enfriamiento del coagulo se realizó lentamente utilizando agua fría en un sistema de baño maría, hasta llegar a una temperatura de 12 -15°C para evitar que continúe el proceso de acidificación.



**Foto 8.** Enfriamiento del yogur. UTN, 2010.

**Envasado:** Se realizó en botellas de polietileno de 100, 200 y 500ml previamente desinfectados para mantener la inocuidad del producto.



**Foto 9.** Proceso de envasado. UTN, 2010.



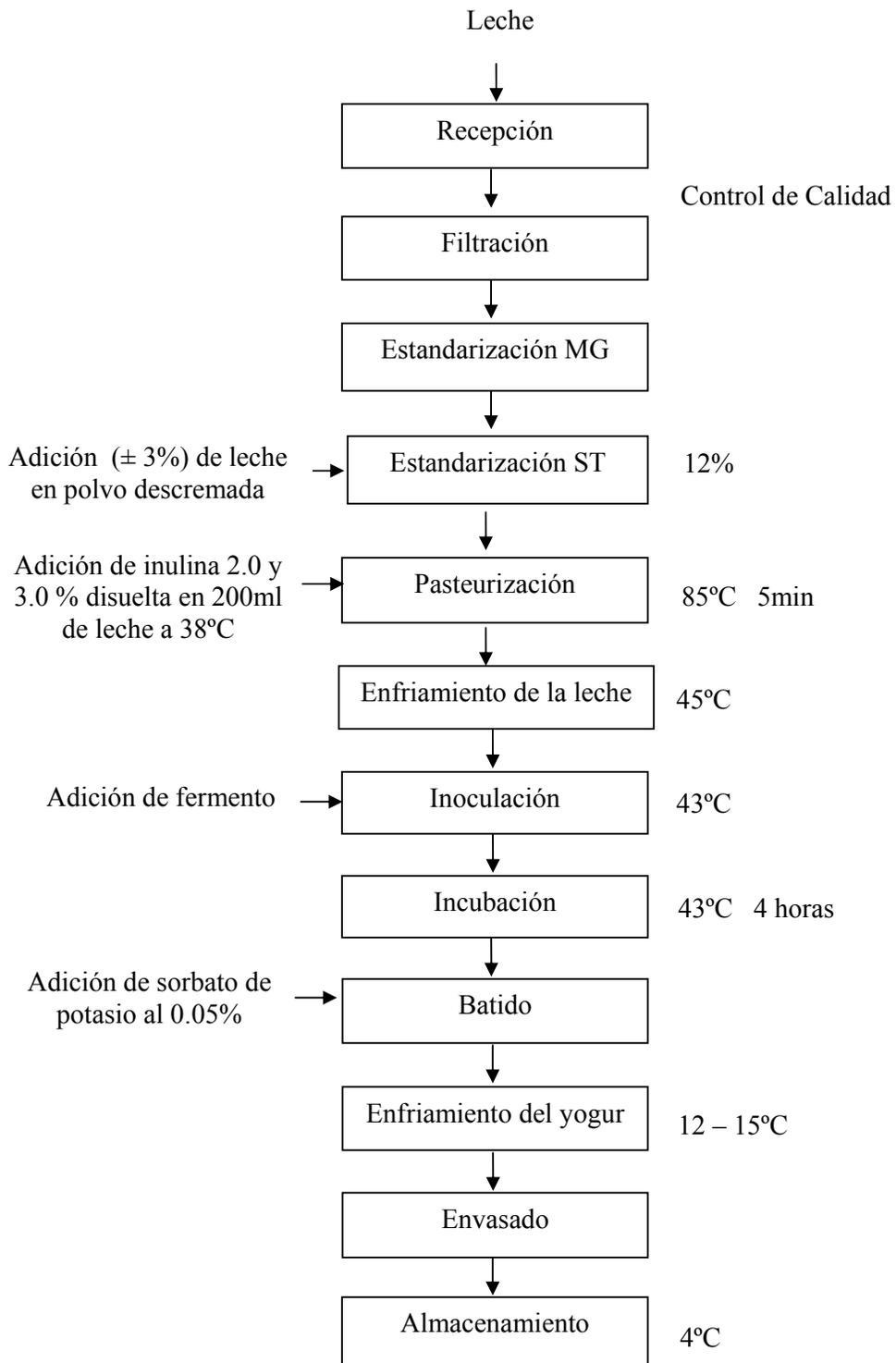
**Foto 10.** Rotulado de los tratamientos. UTN, 2010.

**Almacenado y conservación:** Se almacenó en refrigeración a una temperatura de 4°C.

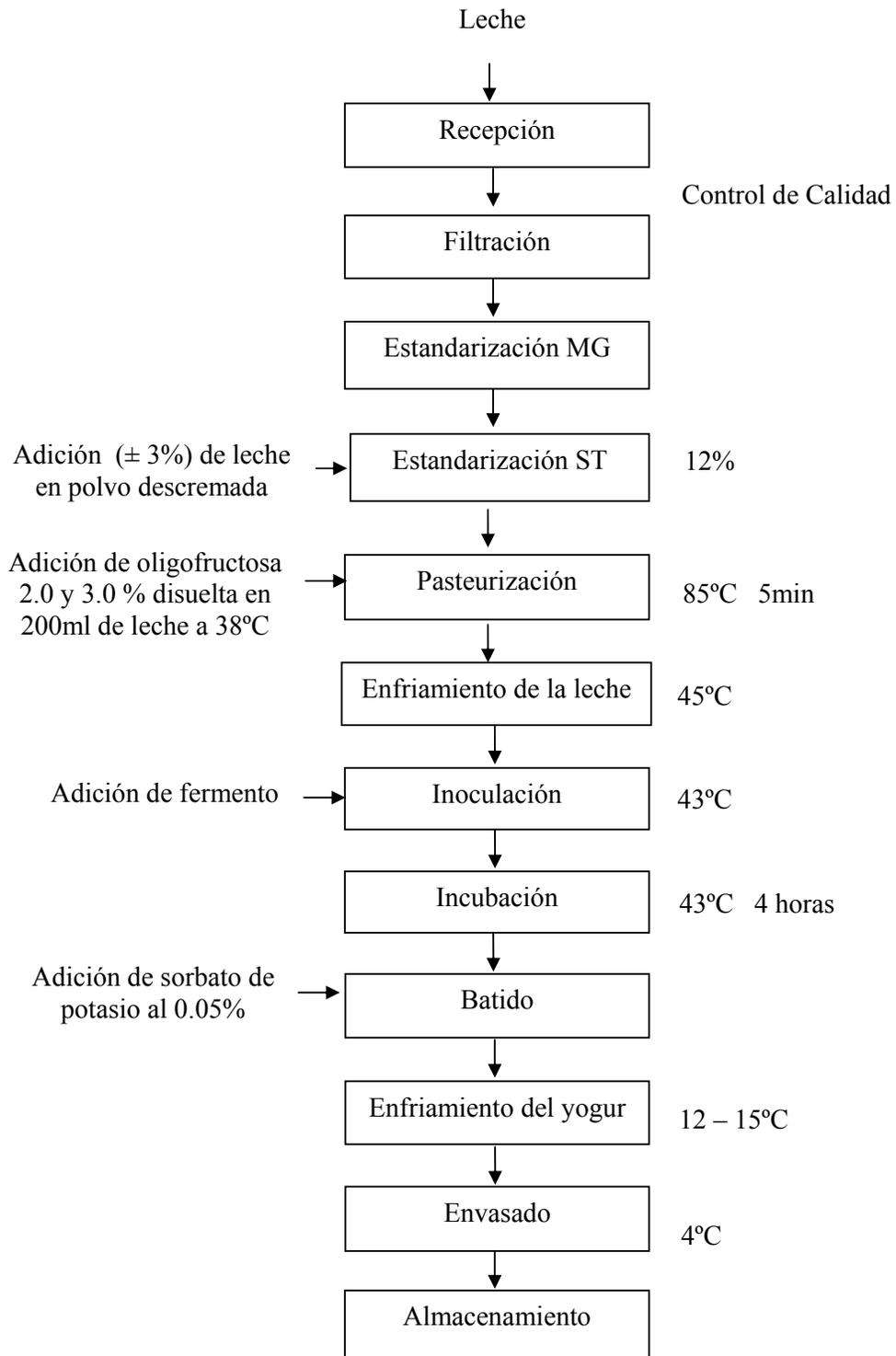


**Foto 11.** Almacenamiento y conservación de los tratamientos. UTN, 2010.

### 3.5 DIAGRAMA DE PROCESO DE ELABORACIÓN DEL YOGUR NATURAL CON ADICIÓN DE INULINA



### 3.6 DIAGRAMA DE PROCESO DE ELABORACIÓN DEL YOGUR NATURAL CON ADICIÓN DE OLIGOFRUCTOSA



### 3.7 MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

- **Acidez del producto:** se realizó mediante titulación con hidróxido de sodio 0.1N, utilizando la norma INEN 13 (ver anexo 9) para determinar el porcentaje de ácido láctico. La medición se realizó a las veinticuatro horas, seis días, once días, dieciséis días y veintiún días de elaborado el producto.



**Foto 12.** Pesaje de la muestra para la prueba de acidez. UTN, 2010.



**Foto 13.** Titulación con NaOH. UTN, 2010.

- **Viscosidad:** se midió la viscosidad del producto mediante un viscosímetro de Bostwick y se utilizó un cronómetro para controlar el tiempo que fue de un minuto, constante para todas las pruebas.

Se colocó 25ml de yogur natural en el viscosímetro, luego simultáneamente se presionó el botón STOP / STAR del cronometro y se deja que la muestra se deslice por el mismo, al término del tiempo indicado anteriormente, se verificó el espacio recorrido por la muestra en centímetros (Barreto y Santiana, 2002, p. 103).

La medición se realizó a las veinticuatro horas, seis días, once días, dieciséis días y veintiún días de elaborado el producto.



**Foto 14.** Adición de la muestra para la prueba de viscosidad. UTN, 2010.



**Foto 15.** Recorrido de la muestra y lectura de viscosidad. UTN, 2010.

- **Sinéresis:** esta variable se midió con la finalidad de determinar la cantidad de suero desprendido a los veintiún días de elaborado el yogur.

Se utilizó una pipeta graduada de 10ml para retirar la cantidad de suero desprendido, del envase que contiene 200ml de yogur.



**Foto 16.** Muestra de yogur a los veintiún días de elaboración con sinéresis (suero desprendido). UTN, 2010.



**Foto 17.** Medición de la cantidad de suero desprendido. UTN, 2010.

- **% Grasa:** se midió esta variable con la finalidad de determinar el porcentaje de grasa presente en el producto final, al segundo día de fabricación. Se aplicó la norma INEN 12 (ver anexo 8).



**Foto 18.** Adición de la muestra para la determinación del % de grasa en el yogur. UTN, 2010.



**Foto 19.** Lectura del % de grasa en el yogur. UTN, 2010.

- **Determinación del porcentaje de inulina y oligofruktosa:** Esta determinación se realizó al tercer día de elaborado el producto, en un Laboratorio Acreditado de Análisis y Aseguramiento de Calidad “Multianalytica Cía. Ltda.”, en la ciudad de Quito; para la determinación del porcentaje de inulina se utilizó el método interno MFQ-158 y para determinar el porcentaje de oligofruktosa se utilizó el método interno MFQ-159, basados en el método Internacional de análisis AOAC 2001.03.

#### **Descripción del método MFQ-158 y MFQ-159:**

##### **Para la muestra**

- ✓ Pesar 20 gramos de muestra en un matraz erlenmeyer de 500ml
- ✓ Adicionar 50ml de agua destilada y 5ml de ácido acético glacial

- ✓ Dejar en reposo durante veinticuatro horas (tiempo en que se precipitará la grasa y proteína del yogur)
- ✓ Filtrar en otro matraz erlenmeyer utilizando un embudo con papel filtro previamente secado, en el que quedará retenido el precipitado
- ✓ Al filtrado se adiciona 5ml de carrez I (solución de acetato de zinc), 5ml de carrez II (solución de ferrocianuro de potasio) y 200ml de alcohol absoluto
- ✓ Dejar reposar durante veinticuatro horas, tiempo en el que se precipitará la fibra
- ✓ Filtrar en otro matraz erlenmeyer utilizando un embudo con papel filtro, en el que quedará retenido el precipitado de los carrez y la fibra
- ✓ Lavar el precipitado con 50ml de alcohol absoluto para purificarlo
- ✓ Dejar en reposo el precipitado durante veinticuatro horas (para escurrir el mayor contenido de agua)
- ✓ Secar el precipitado que se encuentra en el papel filtro a 130°C utilizando una estufa, hasta obtener un peso constante
- ✓ Calcular el peso seco en gramos

#### **Determinación de la cantidad de carrez I y II (blanco)**

- ✓ Colocar en un matraz 200ml de agua destilada
- ✓ Adicionar 5ml de carrez I y 5ml de carrez II
- ✓ Dejar reposar durante veinticuatro horas para permitir la precipitación de los carrez
- ✓ Filtrar utilizando un papel filtro previamente secado

- ✓ Secar el precipitado que se encuentra en el papel filtro a 130°C utilizando una estufa, hasta obtener un peso constante
- ✓ Calcular el peso seco en gramos

**Fórmula aplicada para obtener el porcentaje de inulina**

$$\% \text{Inulina} = \frac{\text{pms} - \text{pbc}}{\text{pm}} \times 100$$

Donde:

pms = peso de la muestra seca

pbc = peso del blanco de carrez

pm = peso de muestra

**Fórmula aplicada para obtener el porcentaje de oligofructosa**

$$\% \text{Oligofructosa} = \frac{\text{pms} - \text{pbc}}{\text{pm}} \times 100$$

Donde:

pms = peso de la muestra seca

pbc = peso del blanco de carrez

pm = peso de muestra

- **Análisis Organoléptico:** Se aplicó la prueba de Friedman con la intervención de un panel sensorial, que calificó todos los tratamientos incluido el testigo.



**Foto 20.** Lectura de las instrucciones para la prueba de evaluación sensorial. UTN, 2010.



**Foto 21.** Evaluación sensorial de las muestras. UTN, 2010

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En el presente capítulo se muestran los resultados obtenidos luego de realizada la investigación para “Evaluar los prebióticos: inulina y oligofruktosa adicionados en la elaboración de yogur natural como alimento funcional”.

#### **FASE EXPERIMENTAL UNO**

En esta fase se evaluará la adición de la fibra prebiótica inulina, los resultados obtenidos de las diferentes variables analizadas se presentan a continuación:

##### **4.1 ACIDEZ DEL PRODUCTO TERMINADO**

Esta variable fue analizada a las veinticuatro horas, seis, once, dieciséis y veintiún días de elaborado el producto. Los datos originales fueron sometidos a una transformación de arco-seno con la finalidad de cumplir con los requisitos del análisis de varianza.

###### **4.1.1 Acidez a las veinticuatro horas**

Los resultados obtenidos se presentan a continuación.

**Cuadro 1: Acidez del yogur expresado en % de ácido láctico a las veinticuatro horas**

Tratamientos	Repeticiones			$\Sigma t$	Media
	R1	R2	R3		
T1	0.729	0.738	0.743	2.210	0.737
T2	0.747	0.756	0.756	2.259	0.753
T3	0.729	0.729	0.747	2.205	0.735
T4	0.738	0.738	0.738	2.214	0.738
T5	0.716	0.720	0.693	2.129	0.710
T6	0.738	0.747	0.747	2.232	0.744
T7 (testigo)	0.720	0.729	0.747	2.196	0.732
				<b>15.444</b>	<b>0.735</b>

**Cuadro 2: Análisis de varianza de acidez del yogur a las veinticuatro horas (con transformación arco-seno)**

ADEVA						
F de V	G.L	S.C	C.M	F.C	F. tabular	
					5%	1%
<b>Total</b>	20	0.050	-			
<b>Tratamientos</b>	6	0.036	0.006	6.000 **	2.85	4.46
<b>Factor A (% de grasa)</b>	2	0.011	0.006	5.500 *	3.74	6.51
<b>Factor B (% de inulina)</b>	1	0.016	0.016	16.000 **	4.60	8.86
<b>Interacción AxB</b>	2	0.009	0.005	4.500 *	3.74	6.51
<b>Testigo vs otros</b>	1	0.0003	0.000	0.300 ns	4.60	8.86
<b>Error Experimental</b>	14	0.014	0.001			

**CV= 0.643%**

\*\*=Altamente significativo

\*= Significativo

ns=No significativo

Al analizar el cuadro 2, se observa que existe diferencia altamente significativa para tratamientos y factor B (2% y 3% de inulina), diferencia significativa para factor A (leche con 0.5%, 2.0% y 3.5% de grasa) y para la interacción AxB, no existe diferencia significativa para testigo vs otros. Al encontrar significación estadística se realizaron las pruebas de Tukey para tratamientos, DMS para factores y para interacciones se procede a graficar.

**Cuadro 3: Prueba Tukey al 5% para tratamientos de la variable acidez a las veinticuatro horas (con transformación arco-seno)**

<b>Tratamientos</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos</b>
<b>T2</b>	4.978	a
<b>T6</b>	4.947	a
<b>T4</b>	4.924	a
<b>T1</b>	4.921	a
<b>T3</b>	4.917	a
<b>T7 (testigo)</b>	4.908	a
<b>T5</b>	<b>4.832</b>	<b>b</b>

En el cuadro 3, prueba Tukey al 5% para tratamientos se observa la presencia de dos rangos, considerándose como mejor tratamiento al T5 (leche entera con 3.5% de grasa y 2% de inulina) por presentar la menor acidez de 0.71 en porcentaje de ácido láctico. El tratamiento con mayor incremento de acidez es el T2 (leche descremada con 0.5% de grasa y 3% de inulina) con 0.75 en porcentaje de ácido láctico.

**Cuadro 4: Prueba DMS al 5% para el factor A (% de grasa de la leche) de la variable acidez a las veinticuatro horas (con transformación arco-seno)**

<b>Factor A (% de grasa de la leche)</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>A1</b>	4.950	a
<b>A2</b>	4.921	a
<b>A3</b>	<b>4.889</b>	<b>b</b>

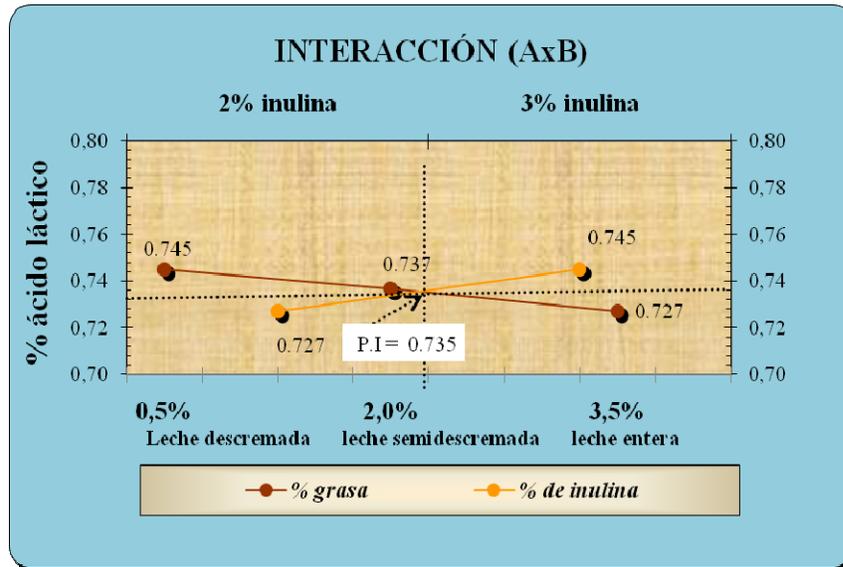
En el cuadro 4, luego de realizar la prueba DMS al 5% para el factor A (% de grasa de la leche), se detecta la presencia de dos rangos, siendo A3 (leche entera con 3.5% de grasa) el mejor nivel, por presentar el valor de la media más bajo de acidez con 0.73 en porcentaje de ácido láctico. El nivel A1 (leche descremada con 0.5% de grasa) presenta un mayor incremento de acidez.

**Cuadro 5: Prueba DMS al 5% para el factor B (% de inulina) de la variable acidez a las veinticuatro horas (con transformación arco-seno)**

<b>Factor B (% de inulina)</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>B2</b>	4.950	a
<b>B1</b>	<b>4.890</b>	<b>b</b>

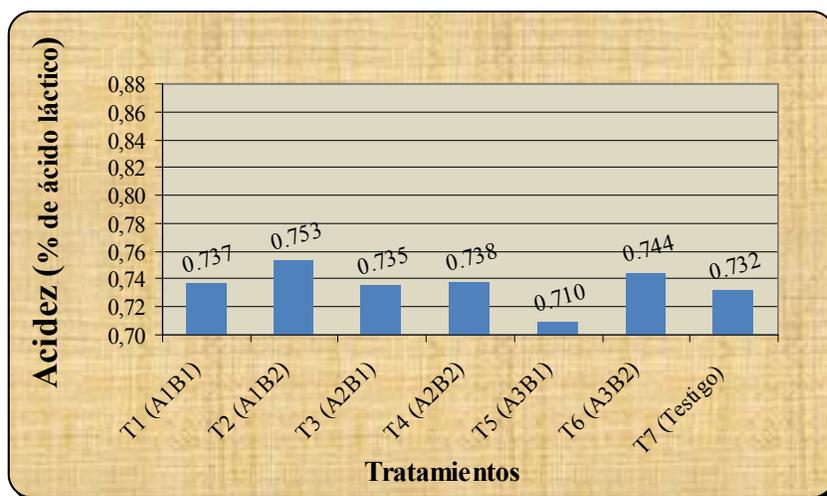
En el cuadro 5, luego de realizar la prueba DMS al 5% para el factor B (% de inulina), se detecta la presencia de dos rangos, siendo B1 (2% de inulina) el mejor nivel para elaborar yogur natural. Se concluye que B1 (2% de inulina) es un nivel adecuado para evitar que la acidez suba, con una media de 0.73 en porcentaje de ácido láctico, debido a que los microorganismos propios del yogur

pueden consumir una pequeña cantidad de la fibra inulina, incrementando así su actividad metabólica y elevar un poco la acidez del yogur.



**Gráfico 1: Interacción de los factores A (% de grasa de la leche) y B (% de inulina) para la variable acidez a las veinticuatro horas**

En el gráfico 1 se observa que a las veinticuatro horas, el % de grasa de la leche es inversamente proporcional y la cantidad de inulina adicionada al yogur es directamente proporcional al desarrollo de la acidez, obteniendo el punto óptimo de acidez, cuando se trabaja con una leche semidescremada y con el menor porcentaje de inulina.



**Gráfico 2: Comportamiento de las medias de la variable acidez a las veinticuatro horas (expresado en % de ácido láctico)**

En el gráfico 2, se observa que los mejores tratamientos son T5 (leche entera con 3.5% de grasa y 2% de inulina) con una acidez de 0.71 y T7 (testigo) con una acidez de 0.73, por presentar los valores más bajos en acidez.

#### **4.1.2 Acidez a los seis días**

Los resultados obtenidos se presentan a continuación.

**Cuadro 6: Acidez del yogur expresado en % de ácido láctico a los seis días**

Tratamientos	Repeticiones			$\Sigma t$	Media
	R1	R2	R3		
T1	0.792	0.783	0.801	2.376	0.792
T2	0.810	0.810	0.828	2.448	0.816
T3	0.783	0.792	0.774	2.349	0.783
T4	0.801	0.810	0.792	2.403	0.801
T5	0.765	0.738	0.756	2.259	0.753
T6	0.756	0.792	0.747	2.295	0.765
<b>T7 (testigo)</b>	0.756	0.774	0.792	2.322	0.774
				<b>16.452</b>	<b>0.783</b>

**Cuadro 7: Análisis de varianza de acidez del yogur a los seis días (con transformación arco-seno)**

ADEVA						
F de V	G.L	S.C	C.M	F.C	F. tabular	
					5%	1%
<b>Total</b>	20	0.120	-			
<b>Tratamientos</b>	6	0.089	0.015	7.417 **	2.85	4.46
<b>Factor A (% de grasa)</b>	2	0.070	0.035	17.500 **	3.74	6.51
<b>Factor B (% de inulina)</b>	1	0.015	0.015	7.500 *	4.60	8.86
<b>Interacción AxB</b>	2	0.001	0.001	0.250 ns	3.74	6.51
<b>Testigo vs otros</b>	1	0.003	0.003	1.500 ns	4.60	8.86
<b>Error Experimental</b>	14	0.031	0.002			

CV= 0.881%

\*\*=Altamente significativo

\*= Significativo

ns=No significativo

Al analizar el cuadro 7, se observa que existe diferencia altamente significativa para tratamientos y factor A (leche con 0.5%, 2.0% y 3.5% de grasa), diferencia significativa para factor B (2% y 3% de inulina), no existe diferencia significativa

para la interacción AxB y testigo vs otros. Al encontrar significación estadística se realizaron las pruebas de Tukey para tratamientos y DMS para factores.

**Cuadro 8: Prueba Tukey al 5% para tratamientos de la variable acidez a los seis días (con transformación arco-seno)**

<b>Tratamientos</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos</b>
<b>T2</b>	5.181	a
<b>T4</b>	5.133	a
<b>T1</b>	5.106	a
<b>T3</b>	5.077	a
<b>T7 (testigo)</b>	<b>5.047</b>	<b>b</b>
<b>T6</b>	<b>5.017</b>	<b>b</b>
<b>T5</b>	<b>4.976</b>	<b>b</b>

En el cuadro 8, prueba Tukey al 5% para tratamientos se observa la presencia de dos rangos, considerándose como los mejores tratamientos al T5 (leche entera con 3.5% de grasa y 2% de inulina) por presentar la menor media del valor de acidez con 0.75 en porcentaje de ácido láctico, luego T6 (leche entera con 3.5% de grasa y 3% de inulina) y finalmente T7 (leche semidescremada con 2.0% de grasa y 1.0% de inulina con 1.0% de oligofructosa). El tratamiento con mayor incremento de acidez es el T2 (leche descremada con 0.5% de grasa y 3% de inulina) con 0.82 en porcentaje de ácido láctico.

**Cuadro 9: Prueba DMS al 5% para el factor A (% de grasa de la leche) de la variable acidez a los seis días (con transformación arco-seno)**

<b>Factor A (% de grasa de la leche)</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>A1</b>	5.144	a
<b>A2</b>	5.105	a
<b>A3</b>	<b>4.997</b>	<b>b</b>

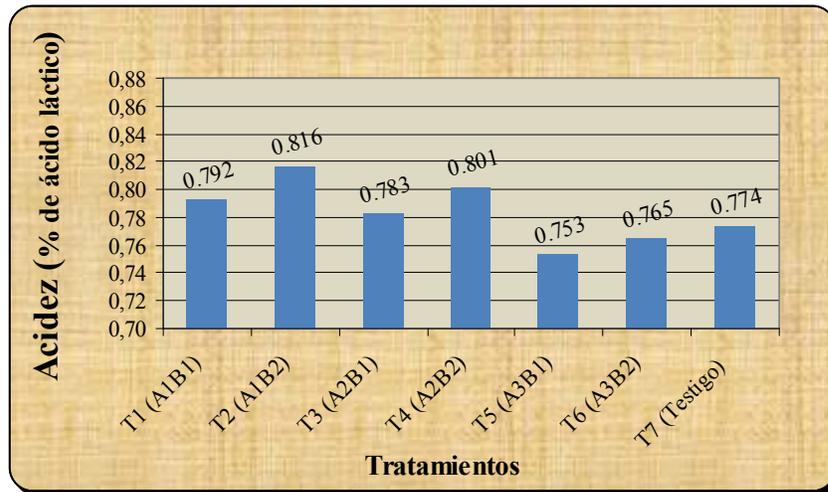
En el cuadro 9, luego de realizar la prueba DMS al 5% para el factor A (% de grasa de la leche), se detecta la presencia de dos rangos, siendo A3 (leche entera con 3.5% de grasa) el mejor nivel, por presentar el valor de la media más bajo de acidez con 0.76 en porcentaje de ácido láctico. El nivel A1 (leche descremada con 0.5% de grasa) presenta un mayor incremento de acidez con 0.80 en porcentaje de ácido láctico.

**Cuadro 10: Prueba DMS al 5% para el factor B (% de inulina) de la variable acidez a los seis días (con transformación arco-seno)**

<b>Factor B (% de inulina)</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>B2</b>	5.111	a
<b>B1</b>	<b>5.053</b>	<b>b</b>

En el cuadro 10, luego de realizar la prueba DMS al 5% para el factor B (% de inulina), se detecta la presencia de dos rangos, siendo B1 (2% de inulina) el mejor nivel para elaborar yogur natural con una media de 0.78 en porcentaje de ácido láctico. Se concluye que B1 (2% de inulina) es un nivel adecuado para evitar que la acidez suba, debido a que los microorganismos propios del yogur

pueden consumir una pequeña cantidad de la fibra inulina, incrementando así su actividad metabólica y elevar un poco la acidez del yogur.



**Gráfico 3: Comportamiento de las medias de la variable acidez a los seis días (expresado en % de ácido láctico)**

En el gráfico 3, se observa que los mejores tratamientos son T5 (leche entera con 3.5% de grasa y 2% de inulina) con una acidez de 0.75 y T6 (leche entera con 3.5% de grasa y 3% de inulina) con una acidez de 0.77, por presentar los valores más bajos en acidez.

#### **4.1.3 Acidez a los once días**

Los resultados obtenidos se presentan a continuación.

**Cuadro 11: Acidez del yogur expresado en % de ácido láctico a los once días**

Tratamientos	Repeticiones			$\Sigma t$	Media
	R1	R2	R3		
T1	0.819	0.828	0.819	2.466	0.822
T2	0.837	0.846	0.855	2.538	0.846
T3	0.810	0.810	0.846	2.466	0.822
T4	0.828	0.819	0.846	2.493	0.831
T5	0.765	0.738	0.738	2.241	0.747
T6	0.774	0.801	0.810	2.385	0.795
<b>T7 (testigo)</b>	0.801	0.810	0.828	2.439	0.813
				<b>17.028</b>	<b>0.811</b>

**Cuadro 12: Análisis de varianza de acidez del yogur a los once días (con transformación arco-seno)**

ADEVA							
F de V	G.L	S.C	C.M	F.C	F. tabular		
					5%	1%	
<b>Total</b>	20	0.234	-				
<b>Tratamientos</b>	6	0.202	0.034	16.833 **	2.85	4.46	
<b>Factor A (% de grasa)</b>	2	0.154	0.077	38.500 **	3.74	6.51	
<b>Factor B (% de inulina)</b>	1	0.035	0.035	17.500 **	4.60	8.86	
<b>Interacción AxB</b>	2	0.012	0.006	3.000 ns	3.74	6.51	
<b>Testigo vs otros</b>	1	0.0002	0.000	0.100 ns	4.60	8.86	
<b>Error Experimental</b>	14	0.032	0.002				

CV= 0.866%

\*\*=Altamente significativo

ns=No significativo

Al analizar el cuadro 12, se observa que existe diferencia altamente significativa para tratamientos, factor A (leche con 0.5%, 2.0% y 3.5% de grasa) y para factor B (2% y 3% de inulina), no existe diferencia significativa para la interacción AxB

y testigo vs otros. Al encontrar significación estadística se realizaron las pruebas de Tukey para tratamientos y DMS para factores.

**Cuadro 13: Prueba Tukey al 5% para tratamientos de la variable acidez a los once días (con transformación arco-seno)**

<b>Tratamientos</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos</b>
<b>T2</b>	5.278	a
<b>T4</b>	5.233	a
<b>T1</b>	5.205	a
<b>T3</b>	5.199	a
<b>T7 (testigo)</b>	5.172	a
<b>T6</b>	5.113	b
<b>T5</b>	<b>4.954</b>	<b>c</b>

En el cuadro 13, prueba Tukey al 5% para tratamientos se observa la presencia de tres rangos, considerándose como mejor tratamiento al T5 (yogur natural elaborado con leche entera 3.5% de grasa y 2% de inulina) por presentar el valor más bajo en acidez de 0.75 en porcentaje de ácido láctico. El tratamiento T2 (leche descremada con 0.5% de grasa y 3% de inulina) presenta un mayor incremento de acidez con 0.85 en porcentaje de ácido láctico.

**Cuadro 14: Prueba DMS al 5% para el factor A (% de grasa de la leche) de la variable acidez a los once días (con transformación arco-seno)**

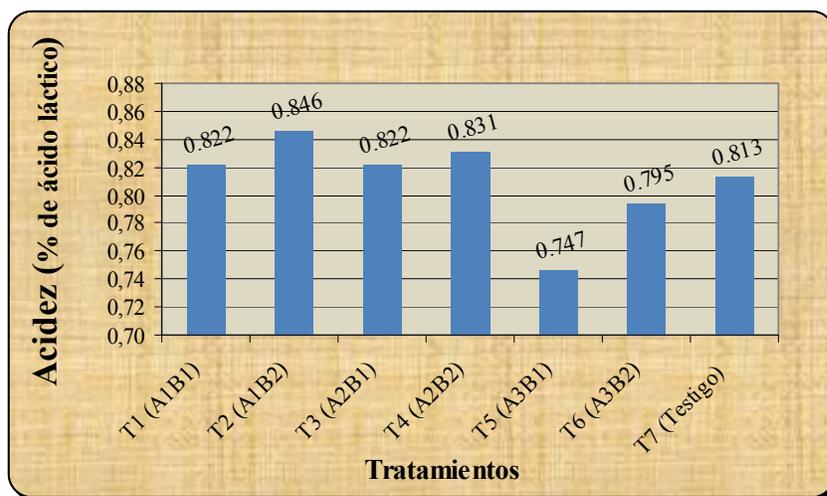
<b>Factor A (% de grasa de la leche)</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>A1</b>	5.242	a
<b>A2</b>	5.216	a
<b>A3</b>	<b>5.034</b>	<b>b</b>

En el cuadro 14, luego de realizar la prueba DMS al 5% para el factor A (% de grasa de la leche), se detecta la presencia de dos rangos, siendo A3 (leche entera con 3.5% de grasa) el mejor nivel, por presentar el valor de la media más bajo de acidez con 0.77 en porcentaje de ácido láctico a los once días. El nivel A1 (leche descremada con 0.5% de grasa) presenta un mayor incremento de acidez con 0.83 en porcentaje de ácido láctico.

**Cuadro 15: Prueba DMS al 5% para el factor B (% de inulina) de la variable acidez a los once días (con transformación arco-seno)**

<b>Factor B (% de inulina)</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>B2</b>	5.208	a
<b>B1</b>	<b>5.120</b>	<b>b</b>

En el cuadro 15, luego de realizar la prueba DMS al 5% para el factor B (% de inulina), se detecta la presencia de dos rangos, siendo B1 (2% inulina) el mejor nivel para elaborar yogur natural con una media de 0.80 en porcentaje de ácido láctico a los once días. Se concluye que B1 (2% inulina) es un nivel adecuado para evitar que la acidez suba, debido a que los microorganismos propios del yogur pueden consumir una pequeña cantidad de la fibra inulina, incrementando así su actividad metabólica y elevar un poco la acidez del yogur.



**Gráfico 4: Comportamiento de las medias de la variable acidez a los once días (expresado en % de ácido láctico)**

En el gráfico 4, se observa que los mejores tratamientos son T5 (leche entera con 3.5% de grasa y 2% de inulina) con una acidez de 0.75 y T6 (leche entera con 3.5% de grasa y 3% de inulina) con una acidez de 0.80, por presentar los valores más bajos en acidez.

#### **4.1.4 Acidez a los dieciséis días**

Los resultados obtenidos se presentan a continuación.

**Cuadro 16: Acidez del yogur expresado en % de ácido láctico a los dieciséis días**

Tratamientos	Repeticiones			$\Sigma t$	Media
	R1	R2	R3		
T1	0.855	0.855	0.873	2.583	0.861
T2	0.873	0.864	0.882	2.619	0.873
T3	0.837	0.846	0.873	2.556	0.852
T4	0.855	0.864	0.855	2.574	0.858
T5	0.774	0.756	0.756	2.286	0.762
T6	0.792	0.801	0.810	2.403	0.801
T7 (testigo)	0.828	0.846	0.855	2.529	0.843
				<b>17.550</b>	<b>0.836</b>

**Cuadro 17: Análisis de varianza de acidez del yogur a los dieciséis días (con transformación arco-seno)**

ADEVA						
F de V	G.L	S.C	C.M	F.C	F. tabular	
					5%	1%
<b>Total</b>	20	0.305	-			
<b>Tratamientos</b>	6	0.288	0.048	48.000 **	2.85	4.46
<b>Factor A (% de grasa)</b>	2	0.260	0.130	130.000 **	3.74	6.51
<b>Factor B (% de inulina)</b>	1	0.016	0.016	16.000 **	4.60	8.86
<b>Interacción AxB</b>	2	0.010	0.005	5.000 *	3.74	6.51
<b>Testigo vs otros</b>	1	0.002	0.002	2.000 ns	4.60	8.86
<b>Error Experimental</b>	14	0.017	0.001			

CV= 0.603%

\*\*=Altamente significativo

\*=Significativo

ns=No significativo

Al analizar el cuadro 17, se observa que existe diferencia altamente significativa para tratamientos, factor A (leche con 0.5%, 2.0% y 3.5% de grasa) y para factor B (2% y 3% de inulina), existe diferencia significativa para la interacción AxB y

no existe diferencia significativa para testigo vs otros. Al encontrar significación estadística se realizaron las pruebas de Tukey para tratamientos, DMS para factores y para interacciones se procede a graficar.

**Cuadro 18: Prueba Tukey al 5% para tratamientos de la variable acidez a los dieciséis días (con transformación arco-seno)**

<b>Tratamientos</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos</b>
<b>T2</b>	5.359	a
<b>T1</b>	5.323	a
<b>T4</b>	5.314	a
<b>T3</b>	5.296	a
<b>T7 (testigo)</b>	5.269	b
<b>T6</b>	5.133	c
<b>T5</b>	<b>5.007</b>	<b>d</b>

En el cuadro 18, prueba Tukey al 5% para tratamientos se observa la presencia de cuatro rangos, considerándose como mejor tratamiento al T5 (yogur natural elaborado con leche entera 3.5% de grasa y 2% de inulina) por presentar el valor más bajo en acidez de 0.76 en porcentaje de ácido láctico. El tratamiento con mayor incremento de acidez es el T2 (leche descremada con 0.5% de grasa y 3% de inulina) con 0.87 en porcentaje de ácido láctico.

**Cuadro 19: Prueba DMS al 5% para el factor A (% de grasa de la leche) de la variable acidez a los dieciséis días (con transformación arco-seno)**

<b>Factor A (% de grasa de la leche)</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>A1</b>	5.341	a
<b>A2</b>	5.305	b
<b>A3</b>	<b>5.070</b>	<b>c</b>

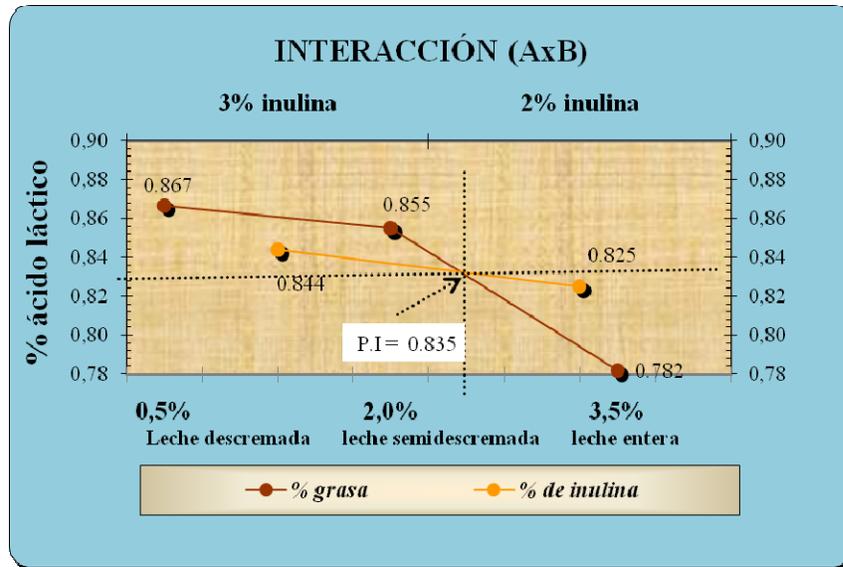
En el cuadro 19, luego de realizar la prueba DMS al 5% para el factor A (% de grasa de la leche), se detecta la presencia de tres rangos, siendo A3 (leche entera con 3.5% de grasa) el mejor nivel, por presentar el valor de la media más bajo de acidez con 0.78 en porcentaje de ácido láctico a los dieciséis días. El nivel A1 (leche descremada con 0.5% de grasa) presenta un mayor incremento de acidez con 0.87 en porcentaje de ácido láctico.

**Cuadro 20: Prueba DMS al 5% para el factor B (% de inulina) de la variable acidez a los dieciséis días (con transformación arco-seno)**

<b>Factor B (% de inulina)</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>B2</b>	5.269	a
<b>B1</b>	<b>5.209</b>	<b>b</b>

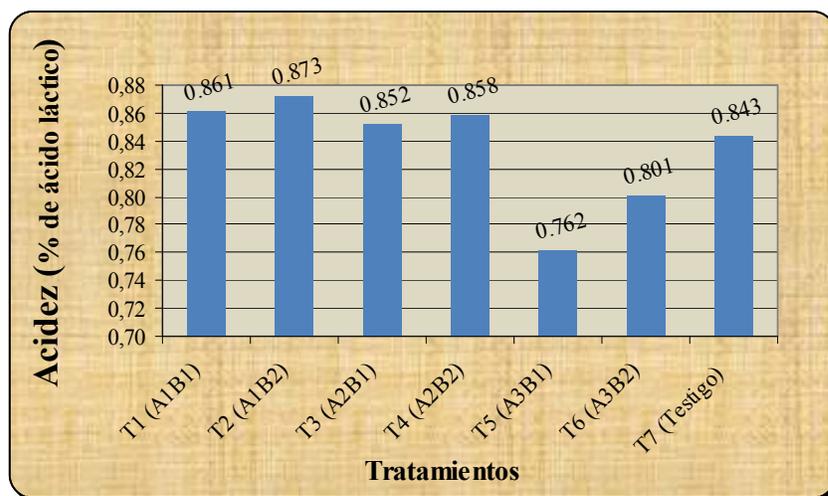
En el cuadro 20, luego de realizar la prueba DMS al 5% para el factor B (% de inulina), se detecta la presencia de dos rangos, siendo B1 (2% de inulina) el mejor nivel para elaborar yogur natural con una media en acidez de 0.83 en porcentaje de ácido láctico a los dieciséis días. Se concluye que B1 (2% inulina) es un nivel adecuado para evitar que la acidez suba, debido a que los

microorganismos propios del yogur pueden consumir una pequeña cantidad de la fibra inulina, incrementando así su actividad metabólica y elevar un poco la acidez del yogur.



**Gráfico 5: Interacción de los factores A (% de grasa de la leche) y B (% de inulina) para la variable acidez a los dieciséis días**

En el gráfico 5 se observa que a los dieciséis días, el % de grasa de la leche es inversamente proporcional y la cantidad de inulina adicionada al yogur es directamente proporcional al desarrollo de la acidez, obteniendo el punto óptimo de acidez, cuando se trabaja con una leche semidescremada y con el menor porcentaje de inulina.



**Gráfico 6: Comportamiento de las medias de la variable acidez a los dieciséis días (expresado en % de ácido láctico)**

En el gráfico 6, se observa que los mejores tratamientos son T5 (leche entera con 3.5% de grasa y 2% de inulina) con una acidez de 0.76 y T6 (leche entera con 3.5% de grasa y 3% de inulina) con una acidez de 0.80, por presentar los valores más bajos en acidez.

#### **4.1.5 Acidez a los veintiún días**

Los resultados obtenidos se presentan a continuación.

**Cuadro 21: Acidez del yogur expresado en % de ácido láctico a los veintidós días**

Tratamientos	Repeticiones			$\Sigma t$	Media
	R1	R2	R3		
T1	0.873	0.864	0.891	2.628	0.876
T2	0.882	0.891	0.909	2.682	0.894
T3	0.873	0.864	0.882	2.619	0.873
T4	0.882	0.887	0.864	2.633	0.878
T5	0.792	0.774	0.765	2.331	0.777
T6	0.801	0.815	0.828	2.444	0.815
T7 (testigo)	0.864	0.855	0.882	2.601	0.867
				<b>17.937</b>	<b>0.854</b>

**Cuadro 22: Análisis de varianza de acidez del yogur a los veintidós días (con transformación arco-seno)**

F de V	G.L	S.C	C.M	F.C	F. tabular	
					5%	1%
<b>Total</b>	20	0.336	-			
<b>Tratamientos</b>	6	0.313	0.052	26.083 **	2.85	4.46
<b>Factor A (% de grasa)</b>	2	0.280	0.140	70.000 **	3.74	6.51
<b>Factor B (% de inulina)</b>	1	0.018	0.018	9.000 **	4.60	8.86
<b>Interacción AxB</b>	2	0.009	0.005	2.250 ns	3.74	6.51
<b>Testigo vs otros</b>	1	0.006	0.006	3.000 ns	4.60	8.86
<b>Error Experimental</b>	14	0.023	0.002			

CV= 0.844%

\*\*=Altamente significativo

ns=No significativo

Al analizar el cuadro 22, se observa que existe diferencia altamente significativa para tratamientos, factor A (leche con 0.5%, 2.0% y 3.5% de grasa) y para factor B (2% y 3% de inulina), no existe diferencia significativa para testigo vs otros y

para la interacción AxB. Al encontrar significación estadística se realizaron las pruebas de Tukey para tratamientos y DMS para factores.

**Cuadro 23: Prueba Tukey al 5% para tratamientos de la variable acidez a los veintiún días (con transformación arco-seno)**

<b>Tratamientos</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos</b>
<b>T2</b>	5.422	a
<b>T4</b>	5.373	a
<b>T1</b>	5.368	a
<b>T3</b>	5.359	a
<b>T7 (testigo)</b>	5.341	a
<b>T6</b>	<b>5.179</b>	<b>b</b>
<b>T5</b>	<b>5.056</b>	<b>b</b>

En el cuadro 23, prueba Tukey al 5% para tratamientos se observa la presencia de dos rangos, considerándose como los mejores tratamientos al T5 (yogur natural elaborado con leche entera 3.5% de grasa y 2% de inulina) por presentar el valor más bajo de acidez con 0.78 en porcentaje de ácido láctico a los veintiún días y T6 (yogur natural elaborado con leche entera 3.5% de grasa y 3% de inulina). El tratamiento T2 (leche descremada con 0.5% de grasa y 3% de inulina) presenta un mayor incremento de acidez con 0.89 en porcentaje de ácido láctico.

**Cuadro 24: Prueba DMS al 5% para el factor A (% de grasa de la leche) de la variable acidez a los veintiún días (con transformación arco-seno)**

<b>Factor A (% de grasa de la leche)</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>A1</b>	5.395	a
<b>A2</b>	5.366	a
<b>A3</b>	<b>5.117</b>	<b>b</b>

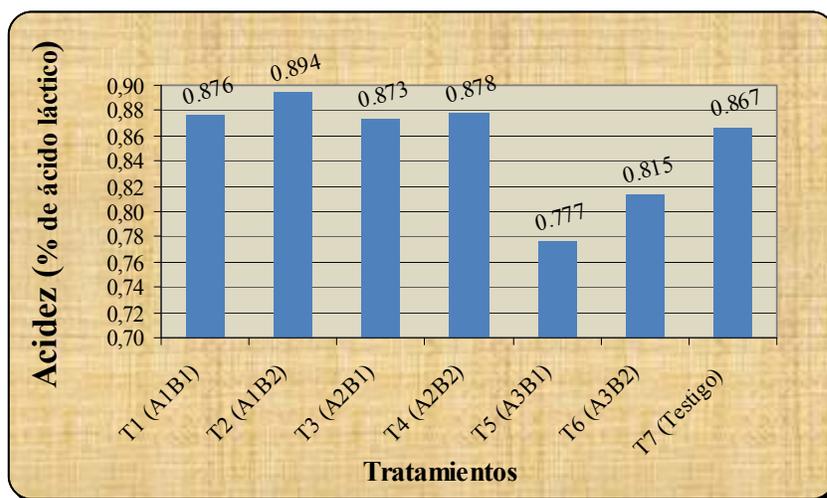
En el cuadro 24, luego de realizar la prueba DMS al 5% para el factor A (% de grasa de la leche), se detecta la presencia de dos rangos, siendo A3 (leche entera con 3.5% de grasa) el mejor nivel, por presentar el valor de la media más bajo de acidez con 0.80 en porcentaje de ácido láctico a los veintiún días. El nivel A1 (leche descremada con 0.5% de grasa) presenta un mayor incremento de acidez con 0.89 en porcentaje de ácido láctico.

**Cuadro 25: Prueba DMS al 5% para el factor B (% de inulina) de la variable acidez a los veintiún días (con transformación arco-seno)**

<b>Factor B (% de inulina)</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>B2</b>	5.325	a
<b>B1</b>	<b>5.261</b>	<b>b</b>

En el cuadro 25, luego de realizar la prueba DMS al 5% para el factor B (% de inulina), se detecta la presencia de dos rangos, siendo B1 (2% inulina) el mejor nivel para elaborar yogur natural con una media en acidez de 0.84 en porcentaje de ácido láctico a los veintiún días. Se concluye que B1 (2% inulina) es un nivel adecuado para evitar que la acidez suba, debido a que los microorganismos

propios del yogur pueden consumir una pequeña cantidad de la fibra inulina, incrementando así su actividad metabólica y elevar un poco la acidez del yogur.

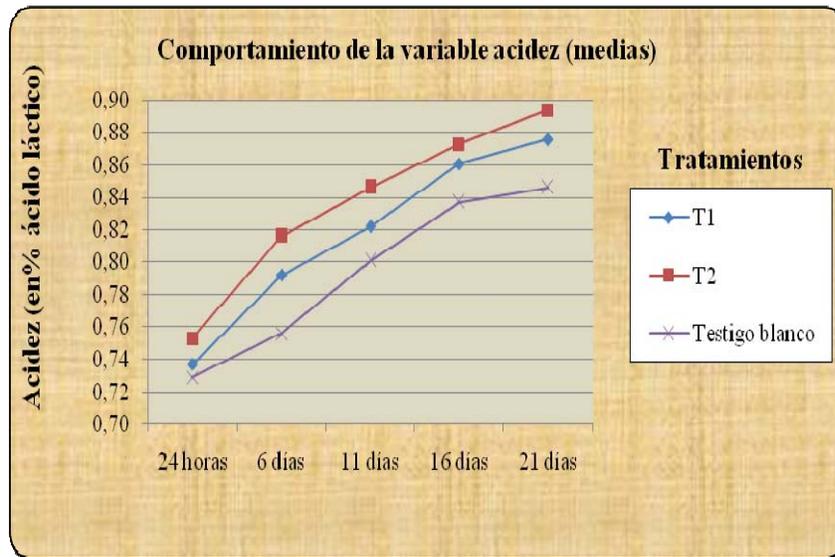


**Gráfico 7: Comportamiento de las medias de la variable acidez a los veintidós días (expresado en % de ácido láctico)**

En el gráfico 7, se observa que los mejores tratamientos son T5 (leche entera con 3.5% de grasa y 2% de inulina) con una acidez de 0.78 y T6 (leche entera con 3.5% de grasa y 3% de inulina) con una acidez de 0.82, por presentar los valores más bajos en acidez.

**Cuadro 26: Acidez del yogur elaborado con leche descremada al 0.5% de grasa (expresado en % de ácido láctico)**

Tratamientos	24 horas	6 días	11 días	16 días	21 días
<b>T1</b>	0.737	0.792	0.822	0.861	0.876
<b>T2</b>	0.753	0.816	0.846	0.873	0.894
<b>Testigo blanco</b>	0.729	0.756	0.801	0.837	0.846

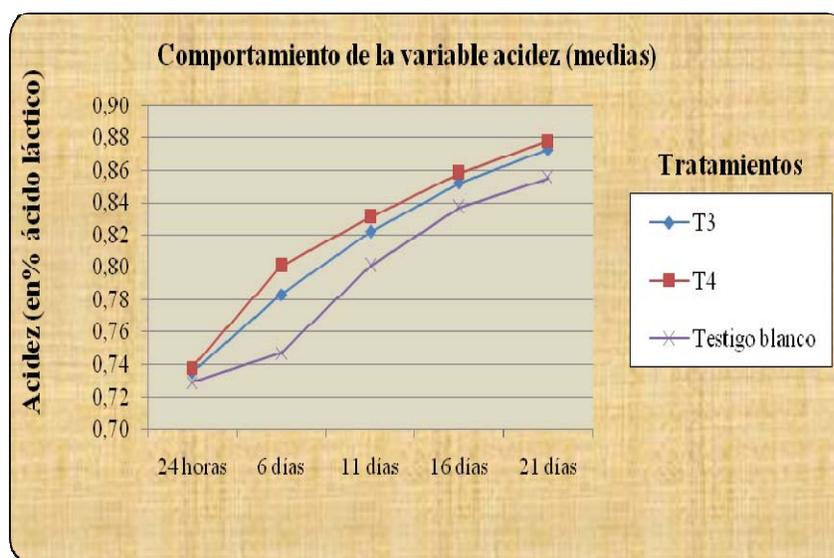


**Gráfico 8: Comportamiento de la variable acidez expresado en % de ácido láctico (medias)**

En el gráfico 8, se observa una tendencia a incrementar la acidez del tratamiento que tiene mayor porcentaje de inulina, mismo que es el T2 (leche descremada con 0.5% de grasa y 3% de inulina) de un valor en porcentaje de ácido láctico que va de 0.75 a 0.89. En relación con el testigo blanco (yogur natural elaborado con leche descremada al 0.5% de grasa y sin la adición de inulina), los tratamientos T1 y T2 presentan un mayor incremento de acidez, debido a que los microorganismos propios del yogur pueden consumir una pequeña cantidad de la fibra inulina, incrementando así su actividad metabólica y elevar un poco la acidez del yogur.

**Cuadro 27: Acidez del yogur elaborado con leche semidescremada al 2% de grasa (expresado en % de ácido láctico)**

Tratamientos	24 horas	6 días	11 días	16 días	21 días
T3	0.735	0.783	0.822	0.852	0.873
T4	0.738	0.801	0.831	0.858	0.878
Testigo blanco	0.729	0.747	0.801	0.837	0.855



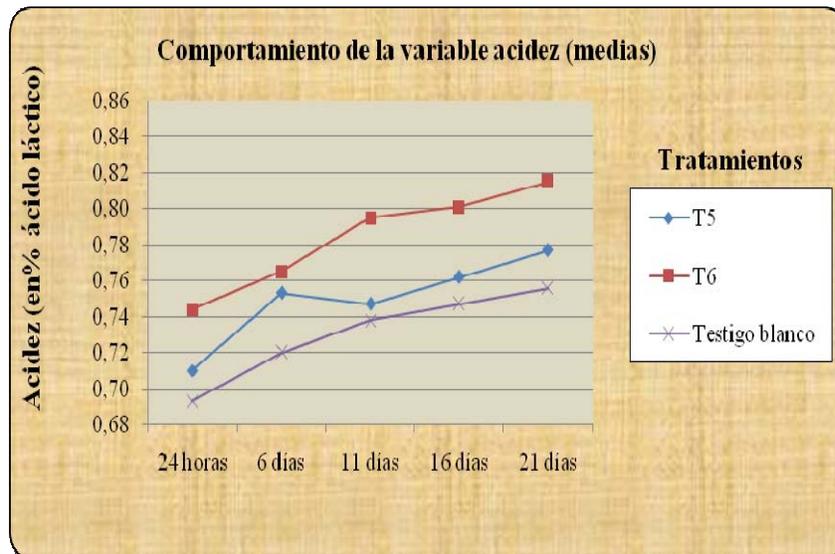
**Gráfico 9: Comportamiento de la variable acidez expresado en % de ácido láctico (medias)**

En el gráfico 9, se observa una tendencia a incrementar la acidez del tratamiento que tiene mayor porcentaje de inulina, mismo que es el T4 (leche semidescremada con 2% de grasa y 3% de inulina) de un valor en porcentaje de ácido láctico que va de 0.74 a 0.88. En relación con el testigo blanco (yogur natural elaborado con leche semidescremada al 2% de grasa y sin la adición de inulina), los tratamientos T3 y T4 presentan un mayor incremento de acidez, debido a que los microorganismos propios del yogur pueden consumir una pequeña cantidad de la

fibra inulina, incrementando así su actividad metabólica y elevar un poco la acidez del yogur.

**Cuadro 28: Acidez del yogur elaborado con leche entera al 3.5% de grasa  
(expresado en % de ácido láctico)**

Tratamientos	24 horas	6 días	11 días	16 días	21 días
<b>T5</b>	0.710	0.753	0.747	0.762	0.777
<b>T6</b>	0.744	0.765	0.795	0.801	0.815
<b>Testigo blanco</b>	0.693	0.720	0.738	0.747	0.756



**Gráfico 10: Comportamiento de la variable acidez expresado en % de ácido láctico (medias)**

En el gráfico 10, se observa también una tendencia a incrementar la acidez del tratamiento que tiene mayor porcentaje de inulina, mismo que es el T6 (leche entera con 3.5% de grasa y 3% de inulina) de un valor en porcentaje de ácido láctico que va de 0.74 a 0.82. En relación con el testigo blanco (yogur natural

elaborado con leche entera al 3.5% de grasa y sin la adición de inulina), los tratamientos T5 y T6 presentan un mayor incremento de acidez, debido a que los microorganismos propios del yogur pueden consumir una pequeña cantidad de la fibra inulina, incrementando así su actividad metabólica y elevar un poco la acidez del yogur.

#### 4.2 VISCOSIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO

Esta variable fue analizada a las veinticuatro horas, seis, once, dieciséis y veintiún días de elaborado el producto.

##### 4.2.1 Viscosidad a las veinticuatro horas

Los resultados obtenidos se presentan a continuación.

**Cuadro 29: Viscosidad del yogur a las veinticuatro horas expresado en cm/min**

Tratamientos	Repeticiones			$\Sigma t$	Media
	R1	R2	R3		
T1	6.750	6.750	7.000	20.500	6.833
T2	6.250	6.250	6.000	18.500	6.167
T3	6.500	6.500	6.250	19.250	6.417
T4	5.500	6.000	6.000	17.500	5.833
T5	5.750	5.500	5.250	16.500	5.500
T6	4.500	4.500	4.000	13.000	4.333
T7 (testigo)	5.750	5.750	5.750	17.250	5.750
				<b>122.500</b>	<b>5.833</b>

**Cuadro 30: Análisis de varianza de la viscosidad del yogur a las veinticuatro horas**

ADEVA						
F de V	G.L	S.C	C.M	F.C	F. tabular	
					5%	1%
<b>Total</b>	20	12.042	-			
<b>Tratamientos</b>	6	11.458	1.910	45.468 **	2.85	4.46
<b>Factor A (% de grasa)</b>	2	8.215	4.108	97.798 **	3.74	6.51
<b>Factor B (% de inulina)</b>	1	2.920	2.920	69.524 **	4.60	8.86
<b>Interacción AxB</b>	2	0.299	0.150	3.560 ns	3.74	6.51
<b>Testigo vs otros</b>	1	0.024	0.024	0.571 ns	4.60	8.86
<b>Error Experimental</b>	14	0.583	0.042			

CV= 3.513%

\*\*=Altamente significativo

ns=No significativo

Al analizar el cuadro 30, se observa que existe diferencia altamente significativa para tratamientos, factor A (leche con 0.5%, 2.0% y 3.5% de grasa), y factor B (2% y 3% de inulina), no existe diferencia significativa para la interacción AxB y testigo vs otros. Al encontrar significación estadística se realizaron las pruebas de Tukey para tratamientos y DMS para factores.

**Cuadro 31: Prueba Tukey al 5% para tratamientos de la variable viscosidad a las veinticuatro horas**

<b>Tratamientos</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos</b>
<b>T1</b>	6.833	a
<b>T3</b>	6.417	a
<b>T2</b>	6.167	b
<b>T4</b>	5.833	b
<b>T7 (testigo)</b>	5.750	b
<b>T5</b>	5.500	c
<b>T6</b>	<b>4.333</b>	<b>d</b>

En el cuadro 31, prueba Tukey al 5% para tratamientos se observa la presencia de cuatro rangos, considerándose como mejor tratamiento al T6 (yogur natural elaborado con leche entera 3.5% de grasa y 3% de inulina) por presentar el valor más bajo en viscosidad de 4.33cm/min. El tratamiento T1 (leche descremada con 0.5% de grasa y 2% de inulina) presenta una media en viscosidad de 6.83cm/min, considerándose como el tratamiento moderadamente más fluido.

**Cuadro 32: Prueba DMS al 5% para el factor A (% de grasa de la leche) de la variable viscosidad a las veinticuatro horas**

<b>Factor A (% de grasa de la leche)</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>A1</b>	6.500	a
<b>A2</b>	6.125	b
<b>A3</b>	<b>4.917</b>	<b>c</b>

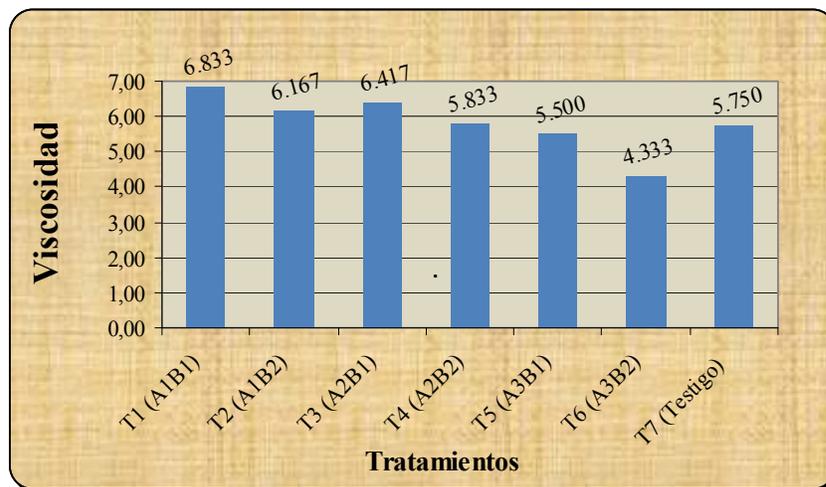
En el cuadro 32, luego de realizar la prueba DMS al 5% para el factor A (% de grasa de la leche), se detecta la presencia de tres rangos, siendo A3 (leche entera

con 3.5% de grasa) el mejor nivel, por presentar la media más baja en viscosidad de 4.92cm/min.

**Cuadro 33: Prueba DMS al 5% para el factor B (% de inulina) de la variable viscosidad a las veinticuatro horas**

Factor B (% de inulina)	Medias	Rangos
<b>B1</b>	6.250	a
<b>B2</b>	<b>5.444</b>	<b>b</b>

En el cuadro 33, luego de realizar la prueba DMS al 5% para el factor B (% de inulina), se detecta la presencia de dos rangos, siendo B2 (3% de inulina) el mejor nivel para elaborar yogur natural con una media de 5.44cm/min. Concluyendo que el 3% de inulina, es un nivel adecuado para obtener un yogur natural más viscoso.



**Gráfico 11: Comportamiento de las medias de la variable viscosidad a las veinticuatro horas (expresado en cm/min)**

En el gráfico 11, se observa que los mejores tratamientos son T6 (leche entera con 3.5% de grasa y 3% de inulina) con una viscosidad de 4.33cm/min y T5 (leche entera con 3.5% de grasa y 2% de inulina) con una viscosidad de 5.50cm/min por presentar los valores más bajos en viscosidad.

#### 4.2.2 Viscosidad a los seis días

Los resultados obtenidos se presentan a continuación.

**Cuadro 34: Viscosidad del yogur a los seis días expresado en cm/min**

Tratamientos	Repeticiones			$\Sigma t$	Media
	R1	R2	R3		
T1	6.000	6.500	6.000	18.500	6.167
T2	5.750	5.500	5.800	17.050	5.683
T3	6.000	6.200	5.800	18.000	6.000
T4	5.500	5.750	5.500	16.750	5.583
T5	4.750	4.500	4.500	13.750	4.583
T6	4.000	4.000	4.250	12.250	4.083
T7 (testigo)	5.500	5.600	5.250	16.350	5.450
				<b>112.650</b>	<b>5.364</b>

**Cuadro 35: Análisis de varianza de la viscosidad del yogur a los seis días**

ADEVA						
F de V	G.L	S.C	C.M	F.C	F. tabular	
					5%	1%
<b>Total</b>	20	10.856	-			
<b>Tratamientos</b>	6	10.367	1.728	49.367 **	2.85	4.46
<b>Factor A (% de grasa)</b>	2	9.356	4.678	133.657 **	3.74	6.51
<b>Factor B (% de inulina)</b>	1	0.980	0.980	28.000 **	4.60	8.86
<b>Interacción AxB</b>	2	0.006	0.003	0.086 ns	3.74	6.51
<b>Testigo vs otros</b>	1	0.026	0.026	0.743 ns	4.60	8.86
<b>Error Experimental</b>	14	0.488	0.035			

CV= 3.488%

\*\*=Altamente significativo

ns=No significativo

Al analizar el cuadro 35, se observa que existe diferencia altamente significativa para tratamientos, factor A (leche con 0.5%, 2.0% y 3.5% de grasa) y factor B (2% y 3% de inulina), no existe diferencia significativa para la interacción AxB y testigo vs otros. Al encontrar significación estadística se realizaron las pruebas de Tukey para tratamientos y DMS para factores.

**Cuadro 36: Prueba Tukey al 5% para tratamientos de la variable viscosidad a los seis días**

Tratamientos	Media	Rangos
<b>T1</b>	6.167	a
<b>T3</b>	6.000	a
<b>T2</b>	5.683	a
<b>T4</b>	5.583	b
<b>T7 (testigo)</b>	5.450	b
<b>T5</b>	<b>4.583</b>	<b>c</b>
<b>T6</b>	<b>4.083</b>	<b>c</b>

En el cuadro 36, prueba Tukey al 5% para tratamientos se observa la presencia de tres rangos, considerándose como los mejores tratamientos al T6 (yogur natural elaborado con leche entera 3.5% de grasa y 3% de inulina) por presentar el valor más bajo en viscosidad de 4.08cm/min y T5 (yogur natural elaborado con leche entera 3.5% de grasa y 2% de inulina). El tratamiento T1 (leche descremada con 0.5% de grasa y 2% de inulina) presenta una media en viscosidad de 6.17cm/min, considerándose como el tratamiento moderadamente más fluido.

**Cuadro 37: Prueba DMS al 5% para el factor A (% de grasa de la leche) de la variable viscosidad a los seis días**

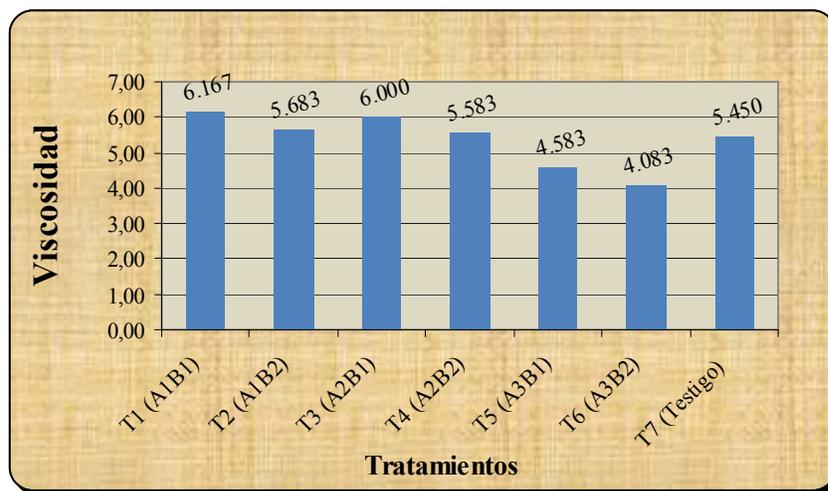
<b>Factor A (% de grasa de la leche)</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>A1</b>	5.925	a
<b>A2</b>	5.792	a
<b>A3</b>	<b>4.333</b>	<b>b</b>

En el cuadro 37, luego de realizar la prueba DMS al 5% para el factor A (% de grasa de la leche), se detecta la presencia de dos rangos, siendo A3 (leche entera con 3.5% de grasa) el mejor nivel, por presentar la media más baja en viscosidad de 4.33cm/min.

**Cuadro 38: Prueba DMS al 5% para el factor B (% de inulina) de la variable viscosidad a los seis días**

<b>Factor B (% de inulina)</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>B1</b>	5.583	a
<b>B2</b>	<b>5.117</b>	<b>b</b>

En el cuadro 38, luego de realizar la prueba DMS al 5% para el factor B (% de inulina), se detecta la presencia de dos rangos, siendo B2 (3% de inulina) el mejor nivel para elaborar yogur natural con una media de 5.12cm/min. Concluyendo que el 3% de inulina, es un nivel adecuado para obtener un yogur natural más viscoso.



**Gráfico 12: Comportamiento de las medias de la variable viscosidad a los seis días (expresado en cm/min)**

En el gráfico 12, se observa que los mejores tratamientos son T6 (leche entera con 3.5% de grasa y 3% de inulina) con una viscosidad de 4.08cm/min y T5 (leche entera con 3.5% de grasa y 2% de inulina) con una viscosidad de 4.58cm/min por presentar los valores más bajos en viscosidad.

#### 4.2.3 Viscosidad a los once días

Los resultados obtenidos se presentan a continuación.

**Cuadro 39: Viscosidad del yogur a los once días expresado en cm/min**

Tratamientos	Repeticiones			$\Sigma t$	Media
	R1	R2	R3		
T1	6.000	6.500	6.000	18.500	6.167
T2	5.500	5.700	5.250	16.450	5.483
T3	5.500	5.300	5.500	16.300	5.433
T4	5.250	5.500	5.100	15.850	5.283
T5	4.500	4.500	4.250	13.250	4.417
T6	4.000	4.000	4.000	12.000	4.000
T7 (testigo)	5.300	5.200	5.100	15.600	5.200
				<b>107.950</b>	<b>5.140</b>

**Cuadro 40: Análisis de varianza de la viscosidad del yogur a los once días**

ADEVA							
F de V	G.L	S.C	C.M	F.C	F. tabular		
					5%	1%	
<b>Total</b>	20	9.753	-				
<b>Tratamientos</b>	6	9.315	1.553	50.081 **	2.85	4.46	
<b>Factor A (% de grasa)</b>	2	8.308	4.154	134.000 **	3.74	6.51	
<b>Factor B (% de inulina)</b>	1	0.781	0.781	25.194 **	4.60	8.86	
<b>Interacción AxB</b>	2	0.213	0.107	3.435 ns	3.74	6.51	
<b>Testigo vs otros</b>	1	0.012	0.012	0.387 ns	4.60	8.86	
<b>Error Experimental</b>	14	0.438	0.031				

CV= 3.425%

\*\*=Altamente significativo

ns=No significativo

Al analizar el cuadro 40, se observa que existe diferencia altamente significativa para tratamientos, factor A (leche con 0.5%, 2.0% y 3.5% de grasa) y factor B (2% y 3% de inulina), no existe diferencia significativa para la interacción AxB y testigo vs otros. Al encontrar significación estadística se realizaron las pruebas de Tukey para tratamientos y DMS para factores.

**Cuadro 41: Prueba Tukey al 5% para tratamientos de la variable viscosidad a los once días**

<b>Tratamientos</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos</b>
<b>T1</b>	6.167	a
<b>T3</b>	5.483	b
<b>T2</b>	5.433	b
<b>T4</b>	5.283	b
<b>T7 (testigo)</b>	5.200	b
<b>T5</b>	<b>4.417</b>	<b>c</b>
<b>T6</b>	<b>4.000</b>	<b>c</b>

En el cuadro 41, prueba Tukey al 5% para tratamientos se observa la presencia de tres rangos, considerándose como los mejores tratamientos al T6 (yogur natural elaborado con leche entera 3.5% de grasa y 3% de inulina) por presentar el valor más bajo en viscosidad de 4.00cm/min y T5 (yogur natural elaborado con leche entera 3.5% de grasa y 2% de inulina). El tratamiento T1 (leche descremada con 0.5% de grasa y 2% de inulina) presenta una media en viscosidad de 6.17cm/min, considerándose como el tratamiento moderadamente más fluido.

**Cuadro 42: Prueba DMS al 5% para el factor A (% de grasa de la leche) de la variable viscosidad a los once días**

<b>Factor A (% de grasa de la leche)</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>A1</b>	5.825	a
<b>A2</b>	5.358	b
<b>A3</b>	<b>4.208</b>	<b>c</b>

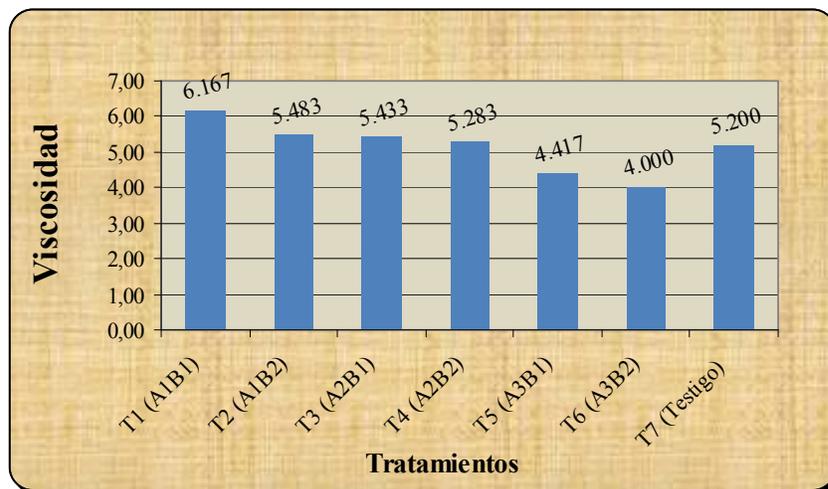
En el cuadro 42, luego de realizar la prueba DMS al 5% para el factor A (% de grasa de la leche), se detecta la presencia de tres rangos, siendo A3 (leche entera

con 3.5% de grasa) el mejor nivel, por presentar la media más baja en viscosidad de 4.21cm/min.

**Cuadro 43: Prueba DMS al 5% para el factor B (% de inulina) de la variable viscosidad a los once días**

Factor B (% de inulina)	Medias	Rangos
B1	5.339	a
B2	4.922	b

En el cuadro 43, luego de realizar la prueba DMS al 5% para el factor B (% de inulina), se detecta la presencia de dos rangos, siendo B2 (3% de inulina) el mejor nivel para elaborar yogur natural con una media de 4.92cm/min. Concluyendo que el 3% de inulina, es un nivel adecuado para obtener un yogur natural más viscoso.



**Gráfico 13: Comportamiento de las medias de la variable viscosidad a los once días (expresado en cm/min)**

En el gráfico 13, se observa que los mejores tratamientos son T6 (leche entera con 3.5% de grasa y 3% de inulina) con una viscosidad de 4.00cm/min y T5 (leche entera con 3.5% de grasa y 2% de inulina) con una viscosidad de 4.42cm/min por presentar los valores más bajos en viscosidad.

#### 4.2.4 Viscosidad a los dieciséis días

Los resultados obtenidos se presentan a continuación.

**Cuadro 44: Viscosidad del yogur a los dieciséis días expresado en cm/min**

Tratamientos	Repeticiones			$\Sigma t$	Media
	R1	R2	R3		
<b>T1</b>	5.100	5.400	5.400	15.900	5.300
<b>T2</b>	5.000	5.400	5.200	15.600	5.200
<b>T3</b>	5.250	5.250	5.250	15.750	5.250
<b>T4</b>	5.000	5.000	5.000	15.000	5.000
<b>T5</b>	4.250	4.500	4.250	13.000	4.333
<b>T6</b>	4.000	4.000	4.000	12.000	4.000
<b>T7 (testigo)</b>	5.200	4.900	5.000	15.100	5.033
				<b>102.350</b>	<b>4.874</b>

**Cuadro 45: Análisis de varianza de la viscosidad del yogur a los dieciséis días**

ADEVA						
F de V	G.L	S.C	C.M	F.C	F. tabular	
					5%	1%
<b>Total</b>	20	4.808	-			
<b>Tratamientos</b>	6	4.580	0.763	47.708 **	2.85	4.46
<b>Factor A (% de grasa)</b>	2	4.215	2.108	131.719 **	3.74	6.51
<b>Factor B (% de inulina)</b>	1	0.233	0.233	14.563 **	4.60	8.86
<b>Interacción AxB</b>	2	0.042	0.021	1.313 ns	3.74	6.51
<b>Testigo vs otros</b>	1	0.089	0.089	5.563 *	4.60	8.86
<b>Error Experimental</b>	14	0.228	0.016			

CV= 2.595%

\*\*=Altamente significativo

\*=Significativo

ns=No significativo

Al analizar el cuadro 45, se observa que existe diferencia altamente significativa para tratamientos, factor A (leche con 0.5%, 2.0% y 3.5% de grasa), factor B (2% y 3% de inulina), presenta diferencia significativa para testigo vs otros y no existe diferencia significativa para interacción AxB. Al encontrar significación estadística se realizaron las pruebas de Tukey para tratamientos y DMS para factores.

**Cuadro 46: Prueba Tukey al 5% para tratamientos de la variable viscosidad a los dieciséis días**

<b>Tratamientos</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos</b>
<b>T1</b>	5.300	a
<b>T3</b>	5.250	a
<b>T2</b>	5.200	a
<b>T7 (testigo)</b>	5.033	a
<b>T4</b>	5.000	a
<b>T5</b>	<b>4.333</b>	<b>b</b>
<b>T6</b>	<b>4.000</b>	<b>b</b>

En el cuadro 46, prueba Tukey al 5% para tratamientos se observa la presencia de dos rangos, considerándose como los mejores tratamientos al T6 (yogur natural elaborado con leche entera 3.5% de grasa y 3% de inulina) por presentar el valor más bajo en viscosidad de 4.00cm/min y T5 (yogur natural elaborado con leche entera 3.5% de grasa y 2% de inulina). El tratamiento T1 (leche descremada con 0.5% de grasa y 2% de inulina) presenta una media en viscosidad de 5.30cm/min, considerándose como el tratamiento moderadamente más fluido.

**Cuadro 47: Prueba DMS al 5% para el factor A (% de grasa de la leche) de la variable viscosidad a los dieciséis días**

<b>Factor A (% de grasa de la leche)</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>A1</b>	5.250	a
<b>A2</b>	5.125	a
<b>A3</b>	<b>4.167</b>	<b>b</b>

En el cuadro 47, luego de realizar la prueba DMS al 5% para el factor A (% de grasa de la leche), se detecta la presencia de dos rangos, siendo A3 (leche entera

con 3.5% de grasa) el mejor nivel, por presentar la media más bajo en viscosidad de 4.17cm/min.

**Cuadro 48: Prueba DMS al 5% para el factor B (% de inulina) de la variable viscosidad a los dieciséis días**

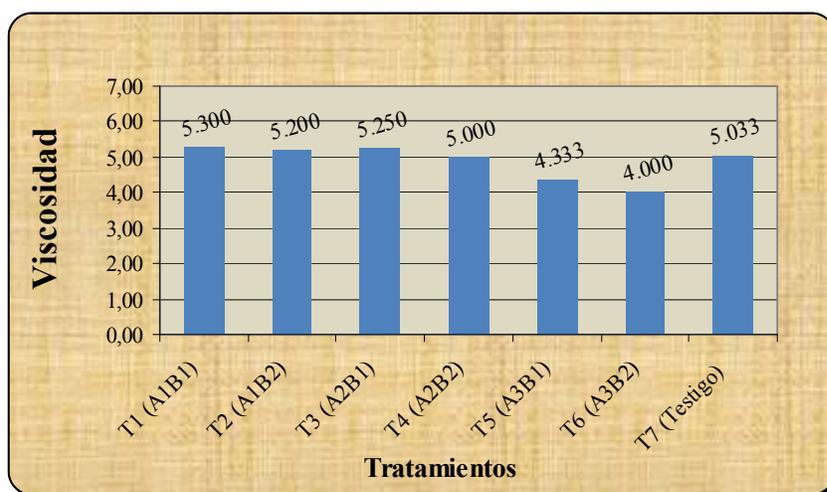
<b>Factor B (% de inulina)</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>B1</b>	4.961	a
<b>B2</b>	<b>4.733</b>	<b>b</b>

En el cuadro 48, luego de realizar la prueba DMS al 5% para el factor B (% de inulina), se detecta la presencia de dos rangos, siendo B2 (3% de inulina) el mejor nivel para elaborar yogur natural con una media de 4.73cm/min. Concluyendo que el 3% de inulina, es un nivel adecuado para obtener un yogur natural más viscoso.

**Cuadro 49: Prueba DMS al 5% para testigo vs otros de la variable viscosidad a los dieciséis días**

<b>Testigo vs otros</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T7 (testigo)</b>	5.033	a
<b>Otros</b>	<b>4.847</b>	<b>a</b>

En el cuadro 49, luego de realizar la prueba DMS al 5% para testigo vs el resto de tratamientos de la variable viscosidad, se detectó un rango, lo que significa que el comportamiento de los dos son similares, pero el resto de tratamientos T1, T2, T3, T4, T5 y T6 presentan la media más baja de 4.85cm/min, por lo que se consideraría como los mejores tratamientos en viscosidad.



**Gráfico 14: Comportamiento de las medias de la variable viscosidad a los dieciséis días (expresado en cm/min)**

En el gráfico 14, se observa que los mejores tratamientos son T6 (leche entera con 3.5% de grasa y 3% de inulina) con una viscosidad de 4.00cm/min y T5 (leche entera con 3.5% de grasa y 2% de inulina) con una viscosidad de 4.33cm/min por presentar los valores más bajos en viscosidad.

#### **4.2.5 Viscosidad a los veintiún días**

Los resultados obtenidos se presentan a continuación.

**Cuadro 50: Viscosidad del yogur a los veintidós días expresado en cm/min**

Tratamientos	Repeticiones			$\Sigma t$	Media
	R1	R2	R3		
T1	5.250	5.250	5.250	15.750	5.250
T2	5.000	4.900	4.700	14.600	4.867
T3	5.250	5.000	5.000	15.250	5.083
T4	4.750	4.900	4.750	14.400	4.800
T5	3.500	3.750	3.750	11.000	3.667
T6	3.400	3.500	3.500	10.400	3.467
T7 (testigo)	5.000	4.750	5.000	14.750	4.917
				<b>96.150</b>	<b>4.579</b>

**Cuadro 51: Análisis de varianza de la viscosidad del yogur a los veintidós días**

ADEVA							
F de V	G.L	S.C	C.M	F.C	F. tabular		
					5%	1%	
<b>Total</b>	20	9.253	-				
<b>Tratamientos</b>	6	9.060	1.510	107.857 **	2.85	4.46	
<b>Factor A (% de grasa)</b>	2	8.259	4.130	294.964 **	3.74	6.51	
<b>Factor B (% de inulina)</b>	1	0.376	0.376	26.857 **	4.60	8.86	
<b>Interacción AxB</b>	2	0.025	0.013	0.893 ns	3.74	6.51	
<b>Testigo vs otros</b>	1	0.400	0.400	28.571 **	4.60	8.86	
<b>Error Experimental</b>	14	0.193	0.014				

CV= 2.584%

\*\*=Altamente significativo

ns=No significativo

Al analizar el cuadro 51, se observa que existe diferencia altamente significativa para tratamientos, factor A (leche con 0.5%, 2.0% y 3.5% de grasa), factor B (2% y 3% de inulina) y para testigo vs otros, no existe diferencia significativa para interacción AxB. Al encontrar significación estadística se realizaron las pruebas de Tukey para tratamientos y DMS para factores.

**Cuadro 52: Prueba Tukey al 5% para tratamientos de la variable viscosidad a los veintiún días**

<b>Tratamientos</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos</b>
<b>T1</b>	5.250	a
<b>T3</b>	5.083	a
<b>T7 (testigo)</b>	4.917	b
<b>T2</b>	4.867	b
<b>T4</b>	4.800	b
<b>T5</b>	<b>3.667</b>	<b>c</b>
<b>T6</b>	<b>3.467</b>	<b>c</b>

En el cuadro 52, prueba Tukey al 5% para tratamientos se observa la presencia de tres rangos, considerándose como los mejores tratamientos al T6 (yogur natural elaborado con leche entera 3.5% de grasa y 3% de inulina) por presentar el valor más bajo en viscosidad de 3.47cm/min y T5 (yogur natural elaborado con leche entera 3.5% de grasa y 2% de inulina). El tratamiento T1 (leche descremada con 0.5% de grasa y 2% de inulina) presenta una media en viscosidad de 5.25cm/min, considerándose como el tratamiento moderadamente más fluida.

**Cuadro 53: Prueba DMS al 5% para el factor A (% de grasa de la leche) de la variable viscosidad a los veintiún días**

<b>Factor A (% de grasa de la leche)</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>A1</b>	5.058	a
<b>A2</b>	4.942	a
<b>A3</b>	<b>3.567</b>	<b>b</b>

En el cuadro 53, luego de realizar la prueba DMS al 5% para el factor A (% de grasa de la leche), se detecta la presencia de dos rangos, siendo A3 (leche entera con 3.5% de grasa) el mejor nivel, por presentar la media más baja en viscosidad de 3.57cm/min.

**Cuadro 54: Prueba DMS al 5% para el factor B (% de inulina) de la variable viscosidad a los veintiún días**

<b>Factor B (% de inulina)</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>B1</b>	4.667	a
<b>B2</b>	<b>4.378</b>	<b>b</b>

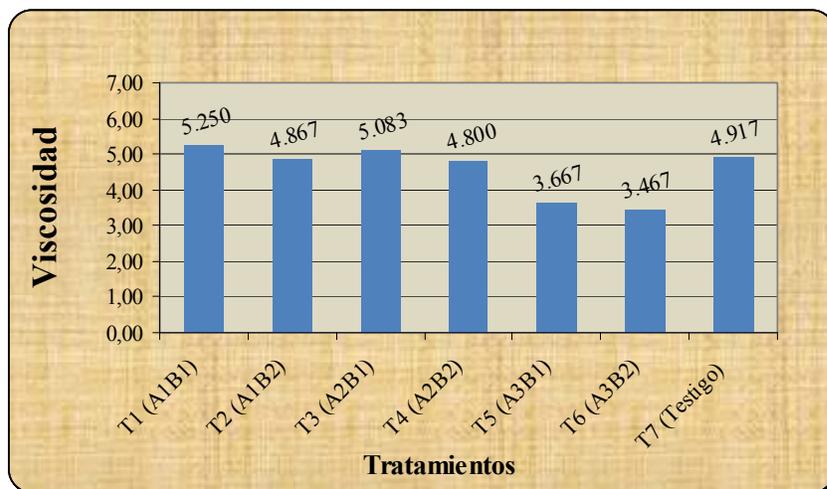
En el cuadro 54, luego de realizar la prueba DMS al 5% para el factor B (% de inulina), se detecta la presencia de dos rangos, siendo B2 (3% de inulina) el mejor nivel para elaborar yogur natural con una media de 4.38cm/min. Concluyendo que el 3% de inulina, es un nivel adecuado para obtener un yogur natural más viscoso.

**Cuadro 55: Prueba DMS al 5% para testigo vs otros de la variable viscosidad a los veintiún días**

<b>Testigo vs otros</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T7 (testigo)</b>	4.917	a
<b>Otros</b>	<b>4.522</b>	<b>b</b>

En el cuadro 55, luego de realizar la prueba DMS al 5% para testigo vs el resto de tratamientos, se observa dos rangos, lo que significa que tienen comportamientos

diferentes, siendo el resto de tratamientos T1, T2, T3, T4, T5 y T6 los que presentan la media más baja en viscosidad con un valor de 4.52cm/min.

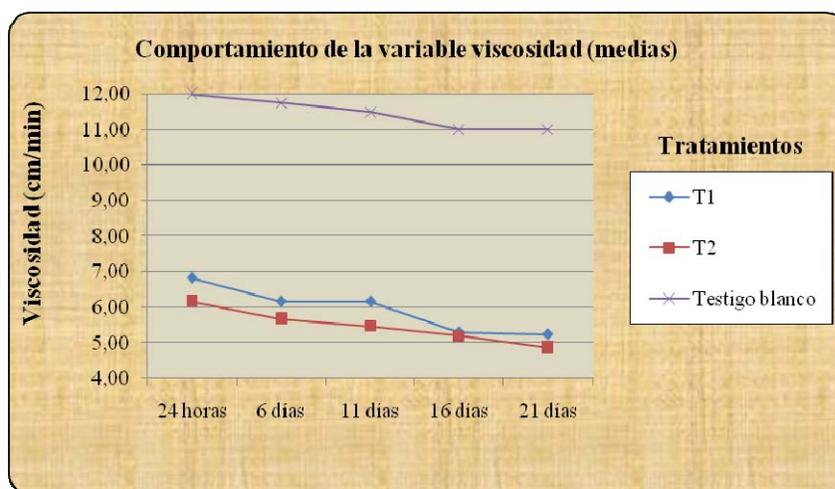


**Gráfico 15: Comportamiento de las medias de la variable viscosidad a los veintiún días (expresado en cm/min)**

En el gráfico 15, se observa que los mejores tratamientos son T6 (leche entera con 3.5% de grasa y 3% de inulina) con una viscosidad de 3.47cm/min y T5 (leche entera con 3.5% de grasa y 2% de inulina) con una viscosidad de 4.67cm/min por presentar los valores más bajos en viscosidad.

**Cuadro 56: Viscosidad del yogur elaborado con leche descremada al 0.5% de grasa (expresado en cm/min)**

Tratamientos	24 horas	6 días	11 días	16 días	21 días
T1	6.833	6.167	6.167	5.300	5.250
T2	6.167	5.683	5.483	5.200	4.867
Testigo blanco	12.000	11.750	11.500	11.000	11.000

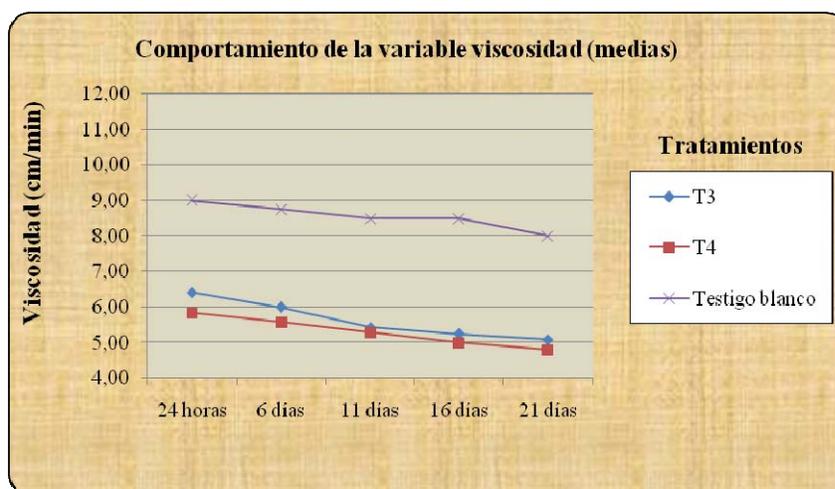


**Gráfico 16: Comportamiento de la variable viscosidad en cm/min (medias)**

En el gráfico 16 se puede observar que la adición del 2% y 3% de inulina ayudan a que el yogur sea mucho más viscoso en comparación con el testigo blanco (yogur natural elaborado con leche descremada al 0.5% de grasa y sin la adición de inulina).

**Cuadro 57: Viscosidad del yogur elaborado con leche semidescremada al 2% de grasa (expresado en cm/min)**

Tratamientos	24 horas	6 días	11 días	16 días	21 días
T3	6.417	6.000	5.433	5.250	5.083
T4	5.833	5.583	5.283	5.000	4.800
Testigo blanco	9.000	8.750	8.500	8.500	8.000

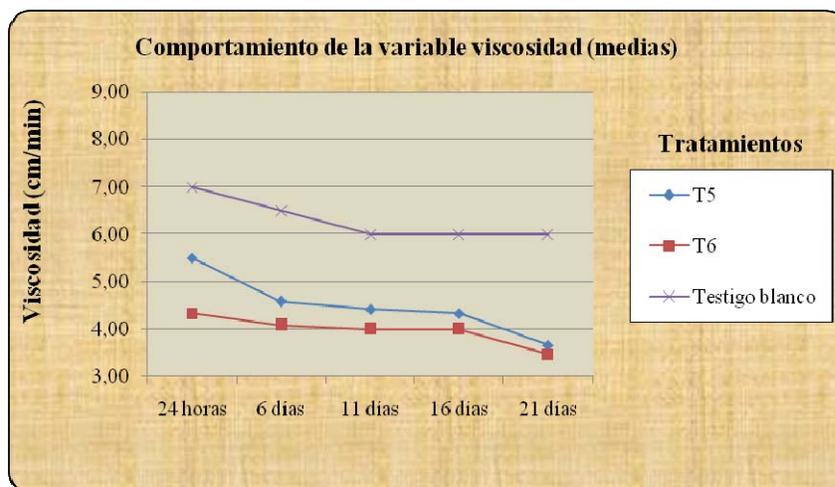


**Gráfico 17: Comportamiento de la variable viscosidad en cm/min (medias)**

En el gráfico 17 se puede observar que la adición del 2% y 3% de inulina ayudan a que el yogur sea mucho más viscoso en comparación con el testigo blanco (yogur natural elaborado con leche semidescremada al 2% de grasa y sin la adición de inulina).

**Cuadro 58: Viscosidad del yogur elaborado con leche entera al 3.5% de grasa (expresado en cm/min)**

Tratamientos	24 horas	6 días	11 días	16 días	21 días
T5	5.500	4.583	4.417	4.333	3.667
T6	4.333	4.083	4.000	4.000	3.467
Testigo blanco	7.000	6.500	6.000	6.000	6.000



**Gráfico 18: Comportamiento de la variable viscosidad en cm/min (medias)**

En el gráfico 18 se puede observar que la adición del 2% y 3% de inulina ayudan a que el yogur sea mucho más viscoso en comparación con el testigo blanco (yogur natural elaborado con leche entera al 3.5% de grasa y sin la adición de inulina).

#### **4.3 SINÉRESIS (CANTIDAD DE SUERO DESPRENDIDO EN ml) DEL PRODUCTO TERMINADO**

Esta variable fue analizada a los veintiún días de elaborado el producto. Los resultados obtenidos se presentan a continuación.

**Cuadro 59: Sinéresis del yogur a los veintidós días expresado en ml**

Tratamientos	Repeticiones			$\Sigma t$	Media
	R1	R2	R3		
T1	36.000	36.000	41.000	113.000	37.667
T2	26.000	27.500	28.000	81.500	27.167
T3	34.000	35.000	36.000	105.000	35.000
T4	20.000	22.300	23.000	65.300	21.767
T5	3.400	4.400	5.500	13.300	4.433
T6	2.800	3.800	2.500	9.100	3.033
<b>T7 (testigo)</b>	31.000	33.000	30.000	94.000	31.333
				<b>481.200</b>	<b>22.914</b>

**Cuadro 60: Análisis de varianza de la sinéresis del yogur a los veintidós días**

ADEVA						
F de V	G.L	S.C	C.M	F.C	F. tabular	
					5%	1%
<b>Total</b>	20	3605.886	-			
<b>Tratamientos</b>	6	3572.326	595.388	248.389 **	2.85	4.46
<b>Factor A (% de grasa)</b>	2	2893.248	1446.624	603.514 **	3.74	6.51
<b>Factor B (% de inulina)</b>	1	315.842	315.842	131.766 **	4.60	8.86
<b>Interacción AxB</b>	2	115.154	57.577	24.020 **	3.74	6.51
<b>Testigo vs otros</b>	1	248.081	248.081	103.496 **	4.60	8.86
<b>Error Experimental</b>	14	33.560	2.397			

CV= 6.757%

\*\*=Altamente significativo

Al analizar el cuadro 60, se observa que existe diferencia altamente significativa para tratamientos, factor A (leche con 0.5%, 2.0% y 3.5% de grasa), factor B (2% y 3% de inulina), para la interacción AxB y testigo vs otros. Al encontrar significación estadística se realizaron las pruebas de Tukey para tratamientos, DMS para factores y para interacciones se procede a graficar.

**Cuadro 61: Prueba Tukey al 5% para tratamientos de la variable sinéresis a los veintiún días**

<b>Tratamientos</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos</b>
<b>T1</b>	37.667	a
<b>T3</b>	35.000	a
<b>T7 (testigo)</b>	31.333	b
<b>T2</b>	27.167	b
<b>T4</b>	21.767	c
<b>T5</b>	<b>4.433</b>	<b>d</b>
<b>T6</b>	<b>3.033</b>	<b>d</b>

En el cuadro 61, prueba Tukey al 5% para tratamientos se observa la presencia de cuatro rangos, considerándose como los mejores tratamientos al T6 (yogur natural elaborado con leche entera 3.5% de grasa y 3% de inulina) por presentar el valor más bajo en sinéresis de 3.03ml y T5 (yogur natural elaborado con leche entera 3.5% de grasa y 2% de inulina).

**Cuadro 62: Prueba DMS al 5% para el factor A (% de grasa de la leche) de la variable sinéresis a los veintiún días**

<b>Factor A (% de grasa de la leche)</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>A1</b>	32.417	a
<b>A2</b>	28.383	b
<b>A3</b>	<b>3.733</b>	<b>c</b>

En el cuadro 62, luego de realizar la prueba DMS al 5% para el factor A (% de grasa de la leche), se detecta la presencia de tres rangos, siendo A3 (leche entera con 3.5% de grasa) el mejor nivel para elaborar yogur natural, por presentar el valor más bajo de la media de sinéresis con 3.73ml.

**Cuadro 63: Prueba DMS al 5% para el factor B (% de inulina) de la variable sinéresis a los veintiún días**

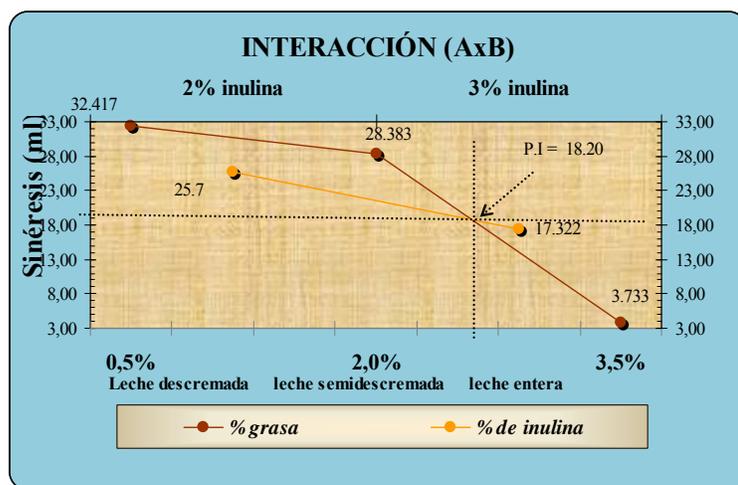
<b>Factor B (% de inulina)</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>B1</b>	25.700	a
<b>B2</b>	<b>17.322</b>	<b>b</b>

En el cuadro 63, luego de realizar la prueba DMS al 5% para el factor B (% de inulina), se detecta la presencia de dos rangos, siendo B2 (3% de inulina) el mejor nivel para elaborar yogur natural por presentar una media de 17.32ml de sinéresis. Concluyendo que el 3% de inulina, disminuye considerablemente la cantidad de suero desprendido del yogur.

**Cuadro 64: Prueba DMS al 5% para testigo vs otros de la variable sinéresis a los veintiún días**

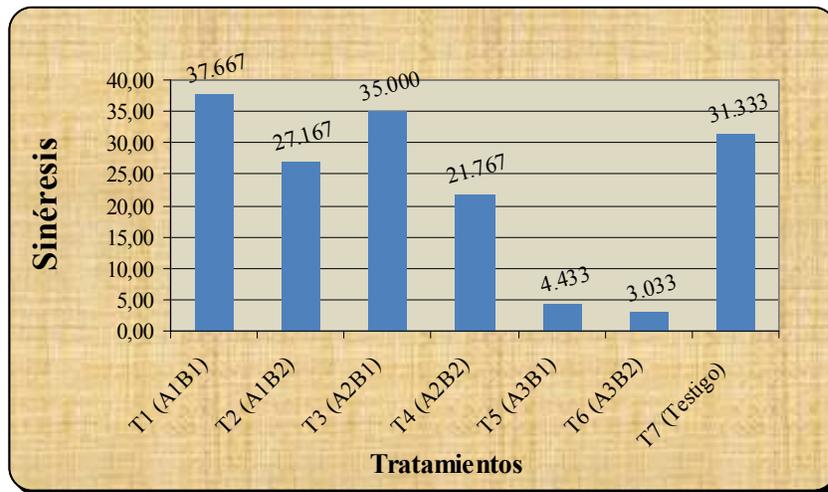
<b>Testigo vs otros</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T7 (testigo)</b>	31.333	a
<b>Otros</b>	<b>21.511</b>	<b>b</b>

En el cuadro 64, luego de realizar la prueba DMS al 5% para testigo vs el resto de tratamientos, se observa dos rangos, lo que significa que tienen comportamientos diferentes, siendo el resto de tratamientos T1, T2, T3, T4, T5 y T6 los que presenta un valor más bajo en sinéresis de 21.51ml.



**Gráfico 19: Interacción de los factores A (% de grasa de la leche) y B (% de inulina) para la variable sinéresis a los veintidós días**

En el gráfico 19 se observa que al final de la vida útil del producto, el % de grasa de la leche y la cantidad de inulina adicionados al yogur, son inversamente proporcionales a la cantidad de suero desprendido, obteniendo el punto óptimo de sinéresis cuando se trabaja con una leche semidescremada y con el mayor porcentaje de inulina, es decir el 3%.



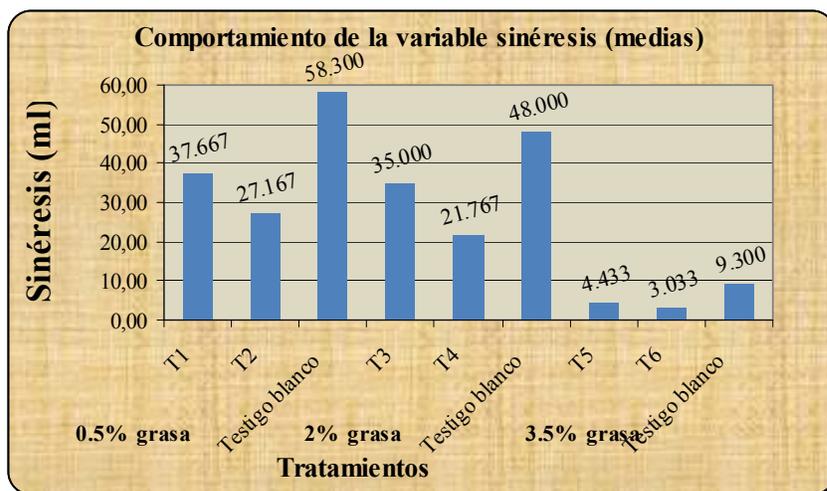
**Gráfico 20: Comportamiento de las medias de la variable sinéresis a los veintidós días (expresado en ml)**

En el gráfico 20, se observa que los mejores tratamientos son T6 (leche entera con 3.5% de grasa y 3% de inulina) con una sinéresis de 3.03ml y T5 (leche entera con 3.5% de grasa y 2% de inulina) con una sinéresis de 4.43ml por presentar los valores más bajos en sinéresis.

**Cuadro 65: Sinéresis del yogur natural elaborado con tres porcentajes de materia grasa (expresado en ml)**

<b>Tratamientos con 0.5% de grasa</b>	<b>21 días</b>
T1	37.667
T2	27.167
<b>Testigo blanco</b>	58.300
<b>Tratamientos con 2% de grasa</b>	<b>21 días</b>
T3	35.000
T4	21.767
<b>Testigo blanco</b>	48.000
<b>Tratamientos con 3.5% de grasa</b>	<b>21 días</b>
T5	4.433
T6	3.033
<b>Testigo blanco</b>	9.300

En el cuadro se puede observar los valores de la cantidad de suero desprendido (sinéresis) de los tratamientos frente a cada uno de sus testigos blanco.



**Gráfico 21: Comportamiento de la variable sinéresis (medias) del yogur natural elaborado con tres porcentajes de materia grasa (expresado en ml)**

En el gráfico 21 se puede observar las diferentes cantidades de suero desprendido de cada tratamiento frente a sus testigos blanco elaborados con leche al 0.5, 2 y 3.5% de MG y si la adición de la fibra inulina. En cada caso se puede observar que el testigo blanco tiene mayor cantidad de sinéresis comparados con los tratamientos adicionados la fibra. Los que presentan menor cantidad de sinéresis son los tratamientos T6 y T5 por contener el mayor porcentaje de grasa y la fibra inulina.

#### 4.4 PORCENTAJE DE GRASA DEL PRODUCTO TERMINADO

Esta variable fue analizada al segundo día de elaborado el producto. Los datos originales fueron sometidos a una transformación de arco-seno con la finalidad de cumplir con los requisitos del análisis de varianza.

**Cuadro 66: Grasa del yogur al segundo día expresado en porcentaje**

Tratamientos	Repeticiones			$\Sigma t$	Media
	R1	R2	R3		
T1	0.450	0.450	0.500	1.400	0.467
T2	0.550	0.500	0.450	1.500	0.500
T3	1.950	2.000	2.000	5.950	1.983
T4	2.000	2.000	1.950	5.950	1.983
T5	3.500	3.450	3.500	10.450	3.483
T6	3.450	3.550	3.500	10.500	3.500
T7 (testigo)	2.000	2.050	2.000	6.050	2.017
				<b>41.800</b>	<b>1.990</b>

**Cuadro 67: Análisis de varianza del % de grasa en el yogur al segundo día  
(con transformación arco-seno)**

ADEVA						
F de V	G.L	S.C	C.M	F.C	F. tabular	
					5%	1%
<b>Total</b>	20	141.121	-			
<b>Tratamientos</b>	6	140.977	23.496	2281.181 **	2.85	4.46
<b>Factor A (% de grasa)</b>	2	140.177	70.089	6804.709 **	3.74	6.51
<b>Factor B (% de inulina)</b>	1	0.013	0.0130	1.262 ns	4.60	8.86
<b>Interacción AxB</b>	2	0.015	0.0075	0.728 ns	3.74	6.51
<b>Testigo vs otros</b>	1	0.772	0.772	74.951 **	4.60	8.86
<b>Error Experimental</b>	14	0.144	0.0103			

CV= 1.319%

\*\*=Altamente significativo

ns=No significativo

Al analizar el cuadro 67, se observa que existe diferencia altamente significativa para tratamientos, factor A (leche con 0.5%, 2.0% y 3.5% de grasa) y testigo vs otros, no existe diferencia significativa para el factor B (inulina 2 y 3%) y la interacción AxB. Al encontrar significación estadística se realizaron las pruebas de Tukey para tratamientos y DMS para factores.

**Cuadro 68: Prueba Tukey al 5% para tratamientos de la variable % de grasa al segundo día (con transformación arco-seno)**

<b>Tratamientos</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos</b>
<b>T6</b>	<b>10.782</b>	<b>a</b>
<b>T5</b>	<b>10.755</b>	<b>a</b>
<b>T7 (testigo)</b>	8.163	b
<b>T3</b>	8.095	b
<b>T4</b>	8.095	b
<b>T2</b>	4.050	c
<b>T1</b>	3.917	c

En el cuadro 68, la prueba Tukey al 5% para tratamientos se observa la presencia de tres rangos, considerándose como los mejores tratamientos T6 (leche entera con 3.5% de grasa y 3% de inulina) y T5 (leche entera con 3.5% de grasa y 2% de inulina).

**Cuadro 69: Prueba DMS al 5% para el factor A (% de grasa de la leche) de la variable % de grasa al segundo día (con transformación arco-seno)**

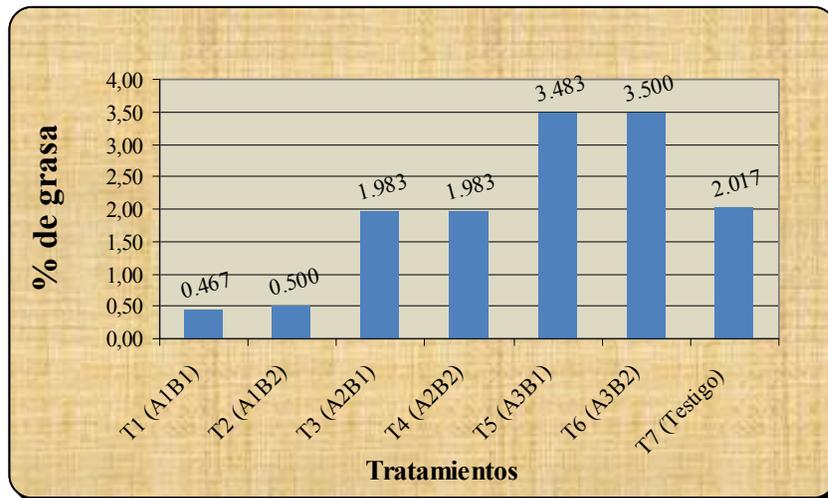
<b>Factor A (% de grasa de la leche)</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>A3</b>	<b>10.768</b>	<b>a</b>
<b>A2</b>	8.095	b
<b>A1</b>	3.983	c

En el cuadro 69, luego de realizar la prueba DMS al 5% para el factor A (leche), se detecta la presencia de tres rangos, siendo A3 (leche entera con 3.5% de grasa) el mejor nivel por presentar el valor más alto de grasa de 3.49%.

**Cuadro 70: Prueba DMS al 5% para testigo vs otros de la variable % de grasa al segundo día (con transformación arco-seno)**

Testigo vs otros	Medias	Rangos
T7 (testigo)	1.420	a
Otros	1.324	b

En el cuadro 70, luego de realizar la prueba DMS al 1% para testigo vs otros, se observa dos rangos, lo que significa que tienen comportamientos diferentes, siendo el testigo el que presenta un valor más alto en grasa de 2.02% en comparación con otros. Por lo que se considera al testigo como el mejor tratamiento.



**Gráfico 22: Comportamiento de las medias de la variable % de grasa al segundo día**

En el gráfico 22, se observa que los mejores tratamientos son T6 (leche entera con 3.5% de grasa y 3% de inulina) con un porcentaje de grasa de 3.50 y T5 (leche entera con 3.5% de grasa y 2% de inulina) con un porcentaje de grasa de 3.48.

#### 4.5 DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE INULINA

El análisis de determinación del porcentaje de inulina se realizó al tercer día de elaborado el producto del mejor tratamiento, obteniendo el siguiente resultado:

Tratamiento	Porcentaje de inulina	Método interno	Método de referencia
T6 (A3B2)	1.52	MFQ-158	AOAC 2001.03

En el análisis de fibra del mejor tratamiento T6 (leche entera con 3.5% de grasa y 3% de inulina) se observa la presencia de 1.52% de la fibra inulina (ver anexo 3).

#### 4.6 ANALISIS ORGANOLÉPTICO

La realización del análisis organoléptico (ver anexo1), permitió conocer la preferencia, aprobación y grado de satisfacción de los consumidores, también diferenciar las características de cada muestra de yogur natural adicionado inulina.

En esta evaluación se utilizó la prueba de Friedman, misma que fue realizada con la colaboración de un panel de diez degustadores. Los datos obtenidos se encuentran en el anexo 2.

Fórmula:

$$x^2 = \frac{12}{b \cdot t(t+1)} \sum R^2 - 3b(t+1)$$

Donde:

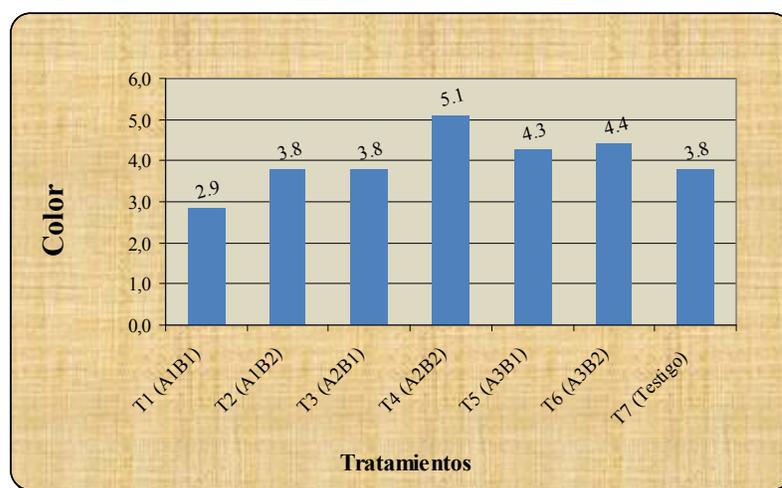
$\chi^2$  = Chi-cuadrado       $R$  = rangos

$t$  = tratamientos       $b$  = degustadores

#### 4.6.1 Color del yogur natural adicionado inulina

**Cuadro 71: Rangos de color**

Tratam.	CATADORES										$\sum t$	Media
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
T1	4.0	4.0	2.0	1.5	3.5	4.0	4.0	1.5	2.0	2.0	<b>28.5</b>	<b>2.9</b>
T2	4.0	4.0	2.0	4.0	3.5	4.0	4.0	5.0	5.5	2.0	<b>38.0</b>	<b>3.8</b>
T3	4.0	4.0	5.5	4.0	3.5	4.0	4.0	5.0	2.0	2.0	<b>38.0</b>	<b>3.8</b>
T4	4.0	4.0	5.5	6.5	7.0	4.0	4.0	5.0	5.5	5.5	<b>51.0</b>	<b>5.1</b>
T5	4.0	4.0	5.5	1.5	3.5	4.0	4.0	5.0	5.5	5.5	<b>42.5</b>	<b>4.3</b>
T6	4.0	4.0	5.5	6.5	3.5	4.0	4.0	5.0	2.0	5.5	<b>44.0</b>	<b>4.4</b>
T7 (Testigo)	4.0	4.0	2.0	4.0	3.5	4.0	4.0	1.5	5.5	5.5	<b>38.0</b>	<b>3.8</b>
<b>TOTAL</b>	<b>28.0</b>	<b>280.0</b>	<b>28.0</b>									



$X^2=241.02^{**}$

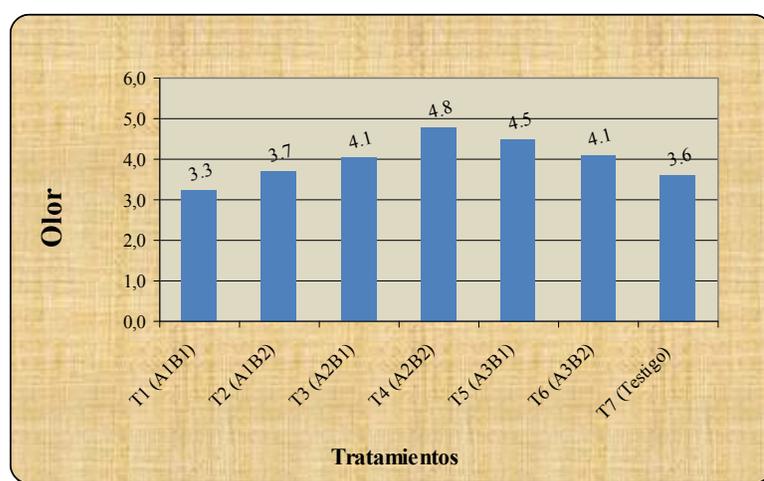
**Gráfico 23: Color del yogur natural adicionado inulina**

En el gráfico 23, observando la sumatoria de las medias correspondientes a cada tratamiento para la característica color, se puede concluir que los tratamientos T4 (leche semidescremada con 2.0% de grasa y 3% de inulina) y T6 (leche entera con 3.5% de grasa y 3% de inulina) tuvieron mejor aceptación.

#### 4.6.2 Olor del yogur natural adicionado inulina

**Cuadro 72: Rangos de olor**

Tratam.	CATADORES										$\sum t$	Media
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
<b>T1</b>	1.5	4.0	5.5	4.0	4.0	1.5	2.0	3.0	4.0	3.0	<b>32.5</b>	<b>3.3</b>
<b>T2</b>	5.0	4.0	2.0	2.0	4.0	1.5	2.0	6.0	4.0	6.5	<b>37.0</b>	<b>3.7</b>
<b>T3</b>	5.0	4.0	2.0	2.0	4.0	5.0	5.5	6.0	4.0	3.0	<b>40.5</b>	<b>4.1</b>
<b>T4</b>	5.0	4.0	5.5	6.0	4.0	5.0	2.0	6.0	4.0	6.5	<b>48.0</b>	<b>4.8</b>
<b>T5</b>	5.0	4.0	5.5	6.0	4.0	5.0	5.5	3.0	4.0	3.0	<b>45.0</b>	<b>4.5</b>
<b>T6</b>	5.0	4.0	5.5	2.0	4.0	5.0	5.5	3.0	4.0	3.0	<b>41.0</b>	<b>4.1</b>
<b>T7 (Testigo)</b>	1.5	4.0	2.0	6.0	4.0	5.0	5.5	1.0	4.0	3.0	<b>36.0</b>	<b>3.6</b>
<b>TOTAL</b>	<b>28.0</b>	<b>280.0</b>	<b>28.0</b>									



$$X^2=238.53^{**}$$

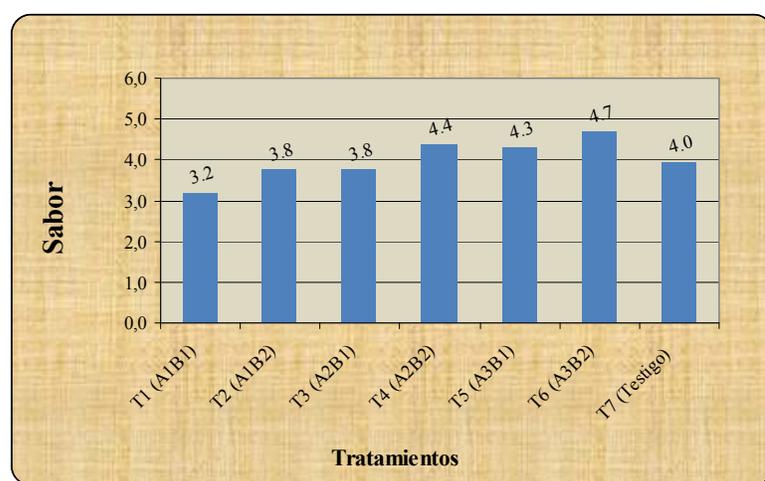
**Gráfico 24: Olor del yogur natural adicionado inulina**

En el gráfico 24, observando la sumatoria de las medias correspondientes a cada tratamiento para la característica olor, se puede concluir que los tratamientos T4 (leche semidescremada con 2.0% de grasa y 3% de inulina) y T5 (leche entera con 3.5% de grasa y 2% de inulina) tuvieron mejor aceptación.

#### 4.6.3 Sabor del yogur natural adicionado inulina

**Cuadro 73: Rangos de sabor**

Tratam.	CATADORES										$\sum t$	Media
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
<b>T1</b>	3.5	1.5	3.0	3.5	2.5	4.0	5.5	3.0	4.0	1.5	<b>32.0</b>	<b>3.2</b>
<b>T2</b>	6.5	1.5	6.0	6.5	2.5	1.0	2.0	3.0	4.0	4.5	<b>37.5</b>	<b>3.8</b>
<b>T3</b>	3.5	4.0	3.0	3.5	2.5	7.0	5.5	3.0	4.0	1.5	<b>37.5</b>	<b>3.8</b>
<b>T4</b>	6.5	4.0	3.0	3.5	5.5	4.0	5.5	3.0	4.0	4.5	<b>43.5</b>	<b>4.4</b>
<b>T5</b>	3.5	4.0	1.0	6.5	7.0	4.0	2.0	6.5	4.0	4.5	<b>43.0</b>	<b>4.3</b>
<b>T6</b>	1.0	6.5	6.0	3.5	5.5	4.0	5.5	6.5	4.0	4.5	<b>47.0</b>	<b>4.7</b>
<b>T7 (Testigo)</b>	3.5	6.5	6.0	1.0	2.5	4.0	2.0	3.0	4.0	7.0	<b>39.5</b>	<b>4.0</b>
<b>TOTAL</b>	<b>28.0</b>	<b>280.0</b>	<b>28.0</b>									



$$X^2=238.01^{**}$$

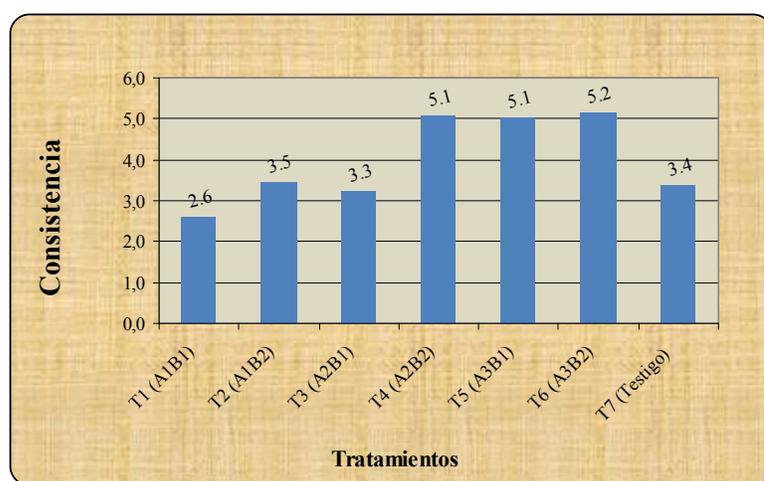
**Gráfico 25: Sabor del yogur natural adicionado inulina**

En el gráfico 25, observando la sumatoria de las medias correspondientes a cada tratamiento para la característica sabor, se puede concluir que los tratamientos T6 (leche entera con 3.5% de grasa y 3% de inulina) y T4 (leche semidescremada con 2.0% de grasa y 3% de inulina) tuvieron mejor aceptación.

#### 4.6.4 Consistencia del yogur natural adicionado inulina

**Cuadro 74: Rangos de consistencia**

Tratam.	CATADORES										$\sum t$	Media
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
<b>T1</b>	2.0	5.5	2.5	2.0	2.0	1.0	3.5	2.0	4.0	1.5	<b>26.0</b>	<b>2.6</b>
<b>T2</b>	2.0	3.0	4.5	2.0	5.0	4.0	1.5	2.0	4.0	6.5	<b>34.5</b>	<b>3.5</b>
<b>T3</b>	4.0	1.5	1.0	5.5	2.0	4.0	3.5	5.5	4.0	1.5	<b>32.5</b>	<b>3.3</b>
<b>T4</b>	6.0	5.5	4.5	4.0	5.0	4.0	6.0	5.5	4.0	6.5	<b>51.0</b>	<b>5.1</b>
<b>T5</b>	6.0	5.5	6.5	2.0	7.0	4.0	6.0	5.5	4.0	4.0	<b>50.5</b>	<b>5.1</b>
<b>T6</b>	6.0	5.5	6.5	5.5	5.0	7.0	6.0	2.0	4.0	4.0	<b>51.5</b>	<b>5.2</b>
<b>T7 (Testigo)</b>	2.0	1.5	2.5	7.0	2.0	4.0	1.5	5.5	4.0	4.0	<b>34.0</b>	<b>3.4</b>
<b>TOTAL</b>	<b>28.0</b>	<b>280.0</b>	<b>28.0</b>									



$$X^2=249.47^{**}$$

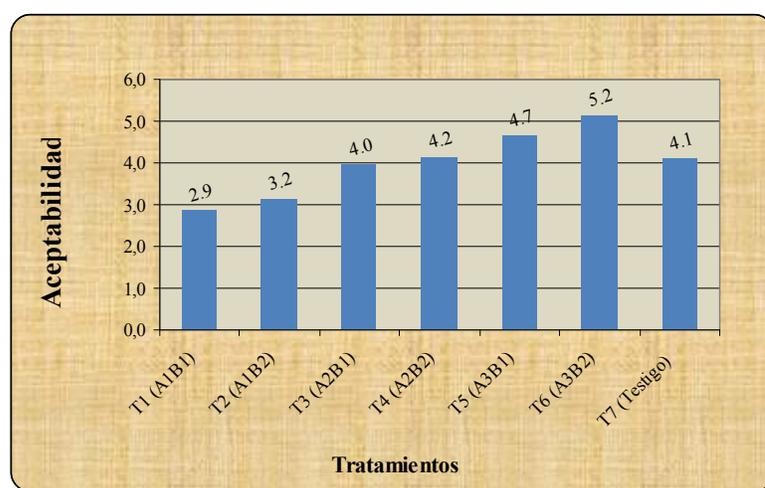
**Gráfico 26: Consistencia del yogur natural adicionado inulina**

En el gráfico 26, observando la sumatoria de las medias correspondientes a cada tratamiento para la característica consistencia, se puede concluir que los tratamientos T6 (leche entera con 3.5% de grasa y 3% de inulina) y T5 (leche entera con 3.5% de grasa y 2% de inulina) tuvieron mejor aceptación.

#### 4.6.5 Aceptabilidad del yogur natural adicionado inulina

**Cuadro 75: Rangos de aceptabilidad**

Tratam.	CATADORES										$\sum t$	Media
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
<b>T1</b>	1.5	1.5	2.0	3.5	2.5	3.0	2.5	4.0	2.5	5.5	<b>28.5</b>	<b>2.9</b>
<b>T2</b>	5.0	1.5	5.5	1.0	2.5	1.5	2.5	4.0	2.5	5.5	<b>31.5</b>	<b>3.2</b>
<b>T3</b>	5.0	5.5	2.0	3.5	7.0	1.5	6.5	4.0	2.5	2.0	<b>39.5</b>	<b>4.0</b>
<b>T4</b>	5.0	5.5	2.0	6.5	2.5	5.0	6.5	4.0	2.5	2.0	<b>41.5</b>	<b>4.2</b>
<b>T5</b>	5.0	5.5	4.0	3.5	5.5	5.0	2.5	4.0	6.0	5.5	<b>46.5</b>	<b>4.7</b>
<b>T6</b>	5.0	3.0	7.0	3.5	5.5	7.0	5.0	4.0	6.0	5.5	<b>51.5</b>	<b>5.2</b>
<b>T7 (Testigo)</b>	1.5	5.5	5.5	6.5	2.5	5.0	2.5	4.0	6.0	2.0	<b>41.0</b>	<b>4.1</b>
<b>TOTAL</b>	<b>28.0</b>	<b>280.0</b>	<b>28.0</b>									



$$X^2=243.05^{**}$$

**Gráfico 27: Aceptabilidad del yogur natural adicionado inulina**

En el gráfico 27, observando la sumatoria de las medias correspondientes a cada tratamiento para la característica aceptabilidad, se puede concluir que los tratamientos T6 (leche entera con 3.5% de grasa y 3% de inulina), T5 (leche entera con 3.5% de grasa y 2% de inulina) y T4 (leche semidescremada con 2.0% de grasa y 3% de inulina) son los que tuvieron mejor aceptación.

## FASE EXPERIMENTAL DOS

En esta fase se evaluará la adición de la fibra prebiótica oligofruetosa, los resultados obtenidos de las diferentes variables analizadas se presentan a continuación:

### 4.7 ACIDEZ DEL PRODUCTO TERMINADO

Esta variable se midió a las veinticuatro horas, seis, once, dieciséis y veintiún días de elaborado el producto. Los datos originales fueron sometidos a una transformación de arco-seno con la finalidad de cumplir con los requisitos del análisis de varianza.

#### 4.7.1 Acidez a las veinticuatro horas

La siguiente variable se midió en el producto luego de veinticuatro horas de elaborado, los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

**Cuadro 76: Acidez del yogur expresado en % de ácido láctico a las veinticuatro horas**

Tratamientos	Repeticiones			$\Sigma t$	Media
	R1	R2	R3		
T1	0.729	0.720	0.720	2.169	0.723
T2	0.734	0.738	0.720	2.192	0.731
T3	0.729	0.738	0.747	2.214	0.738
T4	0.720	0.711	0.747	2.178	0.726
T5	0.729	0.738	0.738	2.205	0.735
T6	0.747	0.747	0.752	2.246	0.749
T7 (testigo)	0.725	0.738	0.729	2.192	0.731
				15.395	0.733

**Cuadro 77: Análisis de varianza de acidez del yogur a las veinticuatro horas  
(con transformación arco-seno)**

ADEVA							
F de V	G.L	S.C	C.M	F.C	F. tabular		
					5%	1%	
<b>Total</b>	20	0.028	-				
<b>Tratamientos</b>	6	0.014	0.002	2.759 ns	2.85	4.46	
<b>Factor A (% grasa)</b>	2	0.007	0.004	4.288 *	3.74	6.51	
<b>Factor C (% oligofructosa)</b>	1	0.001	0.001	0.625 ns	4.60	8.86	
<b>Interacción Ax C</b>	2	0.006	0.003	3.520 ns	3.74	6.51	
<b>Testigo vs otros</b>	1	0.0003	0.0003	0.312 ns	4.60	8.86	
<b>Error Experimental</b>	14	0.012	0.001				

CV= 0.601%

\* Significativo

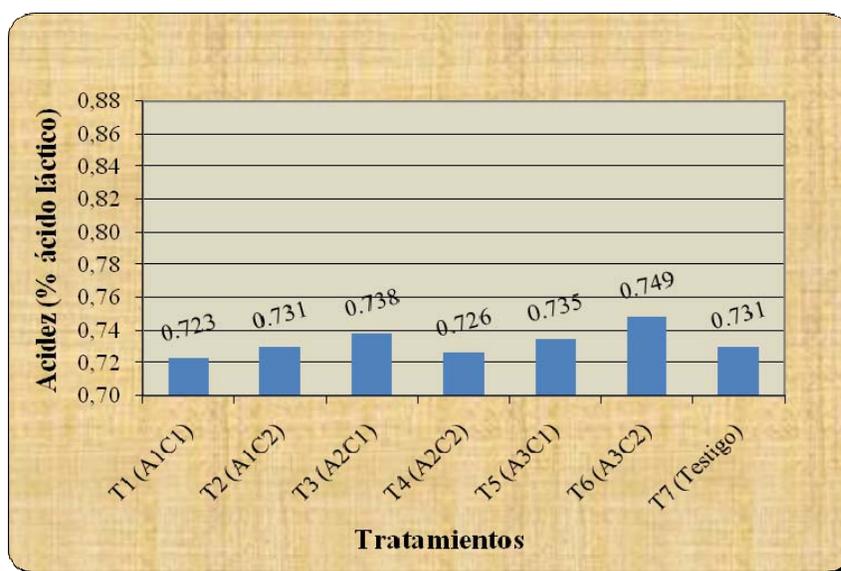
ns No significativo

En el análisis de varianza realizado de la variable acidez a las veinticuatro horas de elaborado el producto, se detectó que no existe significación estadística para tratamientos, factor C, interacción A x C e interacción del testigo con el resto de tratamientos; pero existe significación estadística para el factor A, por lo que se precedió a realizar la prueba de significación correspondiente.

**Cuadro 78: Prueba de DMS al 5% para el factor A (% de grasa de la leche)  
de la variable acidez a las veinticuatro horas (con transformación  
arco-seno)**

Factor A (% de grasa de la leche)	Medias	Rangos
A3	4.940	a
A2	4.907	a
A1	4.891	a

Al analizar el factor A (% de grasa de la leche) utilizando la prueba de DMS, se encontró la presencia de un solo rango (a), pero se determina que el mejor nivel es A1 (0.5% de grasa de la leche) por presentar la media más baja de acidez en esta parte del experimento.



**Gráfico 28: Comportamiento de las medias de la variable acidez a las veinticuatro horas (expresado en % de ácido láctico)**

En el gráfico 28 se puede observar que en esta parte de experimento el tratamiento T1 (0.5% de grasa de la leche y 2% de oligofructosa) presenta menor acidez con una media de 0.72% de ácido láctico, mientras que el tratamiento T6 (3.5% de grasa de la leche y 3% de oligofructosa), presenta mayor acidez con una media de 0.75% de ácido láctico.

#### 4.7.2 Acidez a los seis días

Esta variable se midió en el producto a los seis días de elaborado, los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

**Cuadro 79: Acidez de yogur expresado en % de ácido láctico a los seis días**

Tratamientos	Repeticiones			$\Sigma t$	Media
	R1	R2	R3		
T1	0.765	0.765	0.756	2.286	0.762
T2	0.774	0.774	0.765	2.313	0.771
T3	0.747	0.756	0.747	2.250	0.750
T4	0.774	0.765	0.774	2.313	0.771
T5	0.747	0.747	0.756	2.250	0.750
T6	0.756	0.756	0.765	2.277	0.759
T7 (testigo)	0.756	0.765	0.765	2.286	0.762
				<b>15.975</b>	<b>0.761</b>

**Cuadro 80: Análisis de varianza de acidez del yogur a los seis días (con transformación arco-seno)**

ADEVA							
F de V	G.L	S.C	C.M	F.C	F. tabular		
					5%	1%	
<b>Total</b>	20	0.018	-				
<b>Tratamientos</b>	6	0.014	0.002	8.373 **	2.85	4.46	
<b>Factor A (% grasa)</b>	2	0.004	0.002	7.964 **	3.74	6.51	
<b>Factor C (% oligofruktosa)</b>	1	0.008	0.008	28.832 **	4.60	8.86	
<b>Interacción AxC</b>	2	0.001	0.001	2.655 ns	3.74	6.51	
<b>Testigo vs otros</b>	1	0.00005	0.00005	0.170 ns	4.60	8.86	
<b>Error Experimental</b>	14	0.004	0.0003				

CV= 0.333%

\*\* Altamente significativo

ns No significativo

Según el ADEVA realizado para la variable acidez a los seis días de elaborado el producto, se puede observar que existe alta significación estadística para tratamientos, factores A y C, no existe significación estadística para interacciones.

Luego de detectada la significación estadística se procedió a realizar las pruebas de significación correspondientes, es decir: Tukey para tratamientos y DMS para factores.

**Cuadro 81: Prueba de Tukey al 5% para tratamientos de la variable acidez a los seis días (con transformación arco-seno)**

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T2</b>	5.036	a
<b>T4</b>	5.036	a
<b>T7 (Testigo)</b>	5.006	a
<b>T1</b>	5.006	a
<b>T6</b>	4.997	a
<b>T3</b>	<b>4.968</b>	<b>b</b>
<b>T5</b>	<b>4.968</b>	<b>b</b>

Al realizar la prueba de Tukey para tratamientos se encontró la presencia de dos rangos: (a y b), en el rango (b) se ubican los tratamientos que presentan menor acidez y son: T5 (3.5% de grasa de la leche y 2% de oligofructosa) con una media de 0.75% de ácido láctico y T3 (2% de grasa de la leche y 2% de oligofructosa) con una media de 0.76% de ácido láctico, mientras que los tratamientos T2 (0.5% de grasa de la leche y 2% de oligofructosa) y T4 (2% de grasa de la leche y 3% de oligofructosa), tiene los promedios más alto de acidez en esta etapa del experimento con una media de 0.77% de ácido láctico.

**Cuadro 82: Prueba de DMS al 5% para el factor A (% de grasa de la leche) de la variable acidez a los seis días (con transformación arco-seno)**

<b>Factor A (% de grasa de la leche)</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>A1</b>	5.021	a
<b>A2</b>	5.002	a
<b>A3</b>	<b>4.983</b>	<b>b</b>

La prueba DMS realizada para analizar el factor A (% de grasa de la leche), indica la presencia de dos rango (a y b), correspondiendo al rango (b) el mejor nivel es el A3 (3.5% de grasa de la leche) por presentar la media más baja de acidez con un valor de 0.75% de ácido láctico, mientras que A2 (2% de grasa de la leche) y A1 (0.5% de grasa de la leche) se ubican en el rango (a) por presentar las medias más altas de acidez.

**Cuadro 83: Prueba de DMS al 5% para el factor C (% de oligofructosa) de la variable acidez a los seis días (con transformación arco-seno)**

<b>Factor C (% de Oligofructosa)</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>C2</b>	5.023	a
<b>C1</b>	<b>4.981</b>	<b>b</b>

Analizando el factor C (% de oligofructosa), utilizando la prueba de DMS se encontró la presencia de dos rangos (a y b), los cuales tienen un comportamiento diferente y se determina como mejor nivel C1 (2% de oligofructosa) con un promedio de 0.75% de ácido láctico, lo cual significa que a menor contenido de fibra menor es la del acidificación del producto.



**Gráfico 29: Comportamiento de las medias de la variable acidez a los seis días (expresado en % de ácido láctico)**

En el gráfico 29 se puede observar que al transcurrir seis días de elaborado el producto ha aumentado la acidez de cada tratamiento, los tratamientos T5 (3.5% de grasa de la leche y 2% de oligofructosa) y T3 (2% de grasa de la leche y 2% de oligofructosa) presentaron la menor acidez con una media de 0.75% de ácido láctico, mientras que los tratamientos T2 (0.5% de grasa de la leche y 3% de oligofructosa) y T4 (2% de grasa de la leche y 3% de oligofructosa) con una media de 0.77% de ácido láctico tienen la acidez más alta.

#### **4.7.3 Acidez a los once días**

La siguiente variable se midió en el producto a los once días de elaborado, los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

**Cuadro 84: Acidez del yogur expresado en % de ácido láctico a los once días**

Tratamientos	Repeticiones			$\Sigma t$	Media
	R1	R2	R3		
T1	0.792	0.792	0.783	2.367	0.789
T2	0.810	0.819	0.792	2.421	0.807
T3	0.828	0.819	0.828	2.475	0.825
T4	0.819	0.819	0.801	2.439	0.813
T5	0.774	0.765	0.774	2.313	0.771
T6	0.774	0.783	0.792	2.349	0.783
T7 (testigo)	0.801	0.819	0.828	2.448	0.816
				16.812	0.801

**Cuadro 85: Análisis de varianza de acidez del yogur a los once días (con transformación arco-seno)**

ADEVA						
F de V	G.L	S.C	C.M	F.C	F. tabular	
					5%	1%
<b>Total</b>	20	0.087	-			
<b>Tratamientos</b>	6	0.071	0.012	10.695 **	2.85	4.46
<b>Factor A (% grasa)</b>	2	0.054	0.027	24.298 **	3.74	6.51
<b>Factor C (% oligofruktosa)</b>	1	0.001	0.001	1.068 ns	4.60	8.86
<b>Interacción Ax C</b>	2	0.008	0.004	3.427 ns	3.74	6.51
<b>Testigo vs otros</b>	1	0.008	0.008	7.650 *	4.60	8.86
<b>Error Experimental</b>	14	0.016	0.001			

CV= 0.649%

\*\* Altamente significativo

\* Significativo

ns No significativo

El análisis de varianza detectó que existe diferencia altamente significativa para tratamientos y factor A; diferencia significativa para la interacción del tratamiento testigo vs el resto de tratamientos, por lo tanto se procedió a realizar las pruebas

de significación correspondientes; mientras que el factor C y la interacción A x C no presentan significación estadística.

**Cuadro 86: Prueba de Tukey al 5% para tratamientos de la variable acidez a los once días (con transformación arco-seno)**

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T3</b>	5.215	a
<b>T7 (Testigo)</b>	5.184	a
<b>T4</b>	5.175	a
<b>T2</b>	5.154	a
<b>T1</b>	<b>5.096</b>	<b>b</b>
<b>T6</b>	<b>5.076</b>	<b>b</b>
<b>T5</b>	<b>5.046</b>	<b>b</b>

Al realizar la prueba de Tukey al 5% para tratamientos se encontró la presencia de dos rangos: (a y b), indicando que los tratamientos son diferentes. El tratamiento T5 (3.5% de grasa de la leche y 2% de oligofructosa) con una media de 0.77% de ácido láctico es el que presenta menor acidez, mientras que el tratamiento T3 (2% de grasa de la leche y 2% de oligofructosa) tiene el promedio más alto de acidez con una media de 0.83% de ácido láctico.

**Cuadro 87: Prueba de DMS al 5% para el factor A (% de grasa de la leche) de la variable acidez a los once días (con transformación arco-seno)**

<b>Factor A (% de grasa de la leche)</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>A2</b>	5.195	a
<b>A1</b>	5.125	b
<b>A3</b>	<b>5.061</b>	<b>c</b>

En la prueba de DMS para el factor A (% de grasa de la leche), se detectó la presencia de tres rangos (a, b y c), los cuales tienen un comportamiento diferente. El nivel A3 (3.5% de grasa de la leche) presenta el promedio de acidez más bajo seguido por el nivel A1 (0.5% de grasa de la leche), mientras que el nivel A2 (2% de gras de la leche) se ubica en el rango (a) presenta la media más alta de acidez.

**Cuadro 88: Interacción del tratamiento testigo vs el resto para la variable acidez a los once días (con transformación arco-seno)**

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T7 (Testigo)</b>	5.184	a
<b>Otros</b>	<b>5.127</b>	<b>a</b>

En la prueba de DMS al 5% para la interacción del tratamiento testigo vs el resto de tratamientos, se detectó la presencia de un rango (a), lo que significa que el comportamiento de los dos son similares, pero el resto de tratamientos: T1 (0.5% de grasa de la leche y 2 % de oligofructosa), T2 (0.5% de grasa de la leche y 3% de oligofructosa), T3 (2% de grasa de la leche y 2% de oligofructosa), T4 (2% de grasa de la leche y 3% de oligofructosa), T5 (3.5% de grasa de la leche y 2% de oligofructosa) y T6 (3.5% de grasa de la leche y 3% de oligofructosa), presentan el menor valor de acidez con una media de 0.80% de ácido láctico con respecto a la media del tratamiento testigo cuyo valor es de 0.82% de ácido láctico.



**Gráfico 30: Comportamiento de las medias de la variable acidez a los once días (expresado en % de ácido láctico)**

En este gráfico 30 se puede apreciar que al transcurrir once días de elaborado el producto continúa el aumento de acidez para cada tratamiento. El tratamiento T5 (3.5% de grasa de la leche y 2% de oligofruktosa) con una media de 0.77% de ácido láctico es el que presenta menor acidez, mientras que, el tratamiento T3 (2% de grasa de la leche y 2% de oligofruktosa) presenta el mayor valor de acidez con una media de 0.83% de ácido láctico.

#### **4.7.4 Acidez a los dieciséis días**

La variable fue medida en el producto a los dieciséis días de elaborado, los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

**Cuadro 89: Acidez del yogur expresado en % de ácido láctico a los dieciséis días**

Tratamientos	Repeticiones			$\Sigma t$	Media
	R1	R2	R3		
T1	0.810	0.801	0.792	2.403	0.801
T2	0.855	0.864	0.846	2.565	0.855
T3	0.873	0.855	0.855	2.583	0.861
T4	0.846	0.828	0.828	2.502	0.834
T5	0.792	0.774	0.783	2.349	0.783
T6	0.792	0.801	0.801	2.394	0.798
T7 (testigo)	0.846	0.855	0.846	2.547	0.849
				<b>17.343</b>	<b>0.826</b>

**Cuadro 90: Análisis de varianza de acidez del yogur a los dieciséis días (con transformación arco-seno)**

ADEVA							
F de V	G.L	S.C	C.M	F.C	F. tabular		
					5%	1%	
<b>Total</b>	20	0.189	-				
<b>Tratamientos</b>	6	0.179	0.030	59.747 **	2.85	4.46	
<b>Factor A (% grasa)</b>	2	0.102	0.051	10.481 **	3.74	6.51	
<b>Factor C (% oligofruktosa)</b>	1	0.010	0.010	19.060 **	4.60	8.86	
<b>Interacción Ax C</b>	2	0.048	0.024	48.048 **	3.74	6.51	
<b>Testigo vs otros</b>	1	0.019	0.019	38.363 **	4.60	8.86	
<b>Error Experimental</b>	14	0.007	0.0005				

CV= 0.429%

\*\* Altamente significativo

Según el ADEVA realizado de acidez a los dieciséis días de elaborado el producto, se observó que existe alta significación estadística para tratamientos, factor A, factor C, interacción A x C y la interacción del tratamiento testigo vs el resto de tratamientos.

Luego de detectada la significación estadística se procedió a realizar las pruebas de significación correspondientes, es decir: Tukey para tratamientos, DMS para factores e interacciones y se procede a graficar.

**Cuadro 91: Prueba de Tukey al 5% para tratamientos de la variable acidez a los dieciséis días (con transformación arco-seno)**

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T3</b>	5.323	a
<b>T2</b>	5.305	a
<b>T7 (Testigo)</b>	5.287	a
<b>T4</b>	5.242	b
<b>T1</b>	<b>5.133</b>	<b>c</b>
<b>T6</b>	<b>5.124</b>	<b>c</b>
<b>T5</b>	<b>5.077</b>	<b>c</b>

Analizando los tratamientos mediante la prueba de Tukey se observa la presencia de tres rangos: (a, b, c), lo cual significa que los tratamientos son diferentes, siendo mejor el tratamiento T5 (3.5% de grasa de la leche y 2% de oligofructosa) con una media de 0.78% de ácido láctico, mientras que el tratamiento T3 (2% de grasa de la leche y 2% de oligofructosa) tiene el promedio más alto de acidez en esta etapa del experimento con una media de 0.86% de ácido láctico.

**Cuadro 92: Prueba de DMS al 5% para el factor A (% de grasa de la leche) de la variable acidez a los dieciséis días (con transformación arco-seno)**

<b>Factor A (% de grasa de la leche)</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>A2</b>	5.283	a
<b>A1</b>	5.219	b
<b>A3</b>	<b>5.101</b>	<b>c</b>

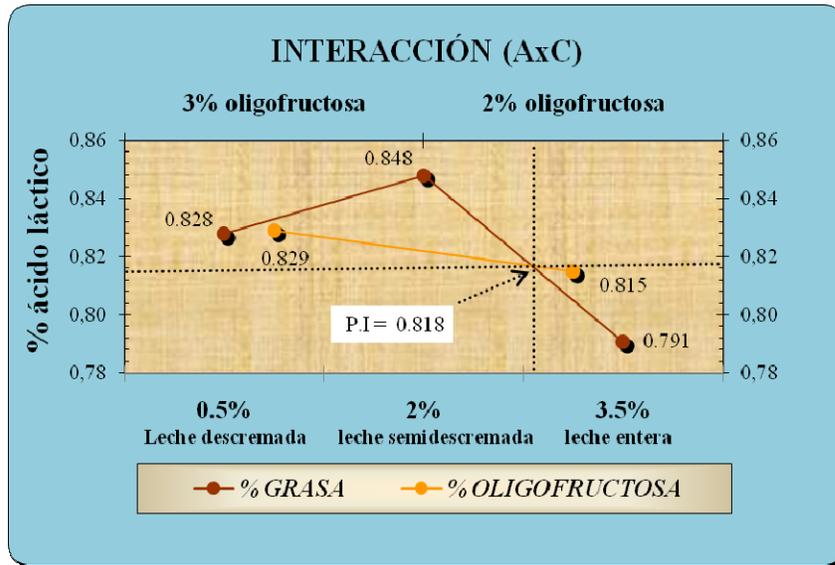
Al analizar el factor A (% de grasa de la leche) mediante la prueba de DMS, se encontró la presencia de tres rangos (a, b, c), los cuales tienen comportamientos diferentes. El nivel A3 (3.5% de grasa de la leche) presenta el promedio más bajo de acidez con una media de 0.79% de ácido láctico y el nivel A2 (2% de grasa de la leche) con una media de 0.85% de ácido láctico presenta el mayor valor de acidez.

**Cuadro 93: Prueba de DMS al 5% para el factor C (% de oligofructosa) de la variable acidez a los dieciséis días (con transformación arco-seno)**

<b>Factor C (% de Oligofructosa)</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>C2</b>	5.224	a
<b>C1</b>	<b>5.178</b>	<b>b</b>

Al analizar el factor C (% de oligofructosa), utilizando la prueba de DMS se encontró la presencia de dos rangos (a y b), los cuales tienen comportamientos diferentes, determinándose como mejor el nivel C1 (2% de oligofructosa), esto significa que al adicionar en menor cantidad la fibra oligofructosa, menor es la

cantidad de sustrato para el desarrollo de microorganismos propios del producto, lo cual evita el acelerado incremento de acidez.



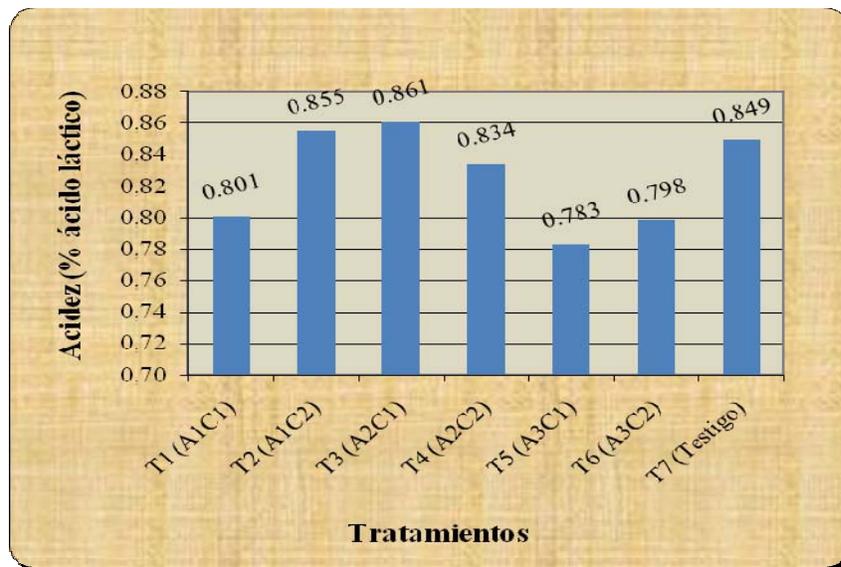
**Gráfico 31: Interacción de factores A (% de grasa de la leche) y C (% de oligofruktosa) para la variable acidez a los dieciséis días**

En el gráfico 31 se puede observar que el % de grasa de la leche es inversamente proporcional y la cantidad de oligofruktosa adicionada al yogur es directamente proporcional al desarrollo de acidez, obteniéndose un punto óptimo de acidez cuando se trabaja con una leche entera y alrededor del 2% de oligofruktosa.

**Cuadro 94: Interacción del tratamiento testigo vs el resto para la variable acidez a los dieciséis días (con transformación arco-seno)**

Tratamientos	Medias	Rangos
T7 (Testigo)	5.287	a
Otros	5.201	b

En la prueba de DMS para la interacción del tratamiento testigo vs el resto de tratamientos para la variable acidez a los dieciséis días de elaborado el producto, se detectó la presencia de dos rangos (a y b), los cuales tienen comportamientos diferentes, siendo los tratamientos T1, T2, T3, T4, T5, T6; los que menor media de acidez presentan con respecto al tratamiento testigo.



**Gráfico 32: Comportamiento de las medias de la variable acidez a los dieciséis días (expresado en % de ácido láctico)**

En este gráfico 32 se observa que al transcurrir dieciséis días de elaborado el producto, el tratamiento T5 (3.5% de grasa de la leche y 2% de oligofruktosa) presenta la menor media de acidez con un valor de 0.78% de ácido láctico, mientras que el tratamiento T3 (2% de grasa de la leche y 2% de oligofruktosa) con una media de 0.86% de ácido láctico presenta la acidez más alta.

#### 4.7.5 Acidez a los veintiún días

Esta variable fue medida en el producto a los veintiún días de elaborado, los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

**Cuadro 95: Acidez del yogur expresado en % de ácido láctico a los veintiún días**

Tratamientos	Repeticiones			$\Sigma t$	Media
	R1	R2	R3		
T1	0.837	0.819	0.819	2.475	0.825
T2	0.855	0.864	0.864	2.583	0.861
T3	0.873	0.891	0.864	2.628	0.876
T4	0.864	0.855	0.864	2.583	0.861
T5	0.810	0.801	0.792	2.403	0.801
T6	0.810	0.801	0.801	2.412	0.804
T7 (testigo)	0.882	0.864	0.864	2.610	0.870
				<b>17.694</b>	<b>0.843</b>

**Cuadro 96: Análisis de varianza de acidez del yogur a los veintiún días (con transformación arco-seno)**

ADEVA							
F de V	G.L	S.C	C.M	F.C	F. tabular		
					5%	1%	
Total	20	0.189	-				
Tratamientos	6	0.179	0.030	54.387 **	2.85	4.46	
Factor A (% grasa)	2	0.133	0.066	120.968 **	3.74	6.51	
Factor C (% oligofruktosa)	1	0.003	0.003	4.812 *	4.60	8.86	
Interacción Ax C	2	0.018	0.009	16.614 **	3.74	6.51	
Testigo vs otros	1	0.025	0.025	46.347 **	4.60	8.86	
Error Experimental	14	0.008	0.001				

CV= 0.445%

\*\* Altamente significativo

\* Significativo

Realizado el ADEVA de acidez a los veintiún días de elaborado el producto, se detectó que existe alta significación estadística para tratamientos, factor A, interacción A x C e interacción del tratamiento testigo con el resto de tratamientos, mientras que para el factor C se determinó que existe significación estadística, por lo cual se procedió a realizar las pruebas de significación correspondientes.

**Cuadro 97: Prueba de Tukey al 5% para tratamientos de la variable acidez a los veintiún días (con transformación arco-seno)**

Tratamientos	Medias	Rangos
<b>T3</b>	5.368	a
<b>T7 (Testigo)</b>	5.350	a
<b>T4</b>	5.323	a
<b>T2</b>	5.323	a
<b>T1</b>	5.214	b
<b>T6</b>	<b>5.142</b>	<b>c</b>
<b>T5</b>	<b>5.133</b>	<b>c</b>

Al realizar la prueba de Tukey para tratamientos se observa la presencia de tres rangos: (a, b, c), lo cual significa que los tratamientos son diferentes y continúa siendo mejor el tratamiento T5 (3.5% de grasa de la leche y 2% de oligofruktosa) con una media de 0.80% de ácido láctico, mientras que el tratamiento T3 (2% de grasa de la leche y 2% de oligofruktosa) con una media de 0.88% de ácido láctico es el que presenta el promedio más alto de acidez.

**Cuadro 98: Prueba de DMS al 5% para el factor A (% de grasa de la leche) de la variable acidez a los veintiún días (con transformación arco-seno)**

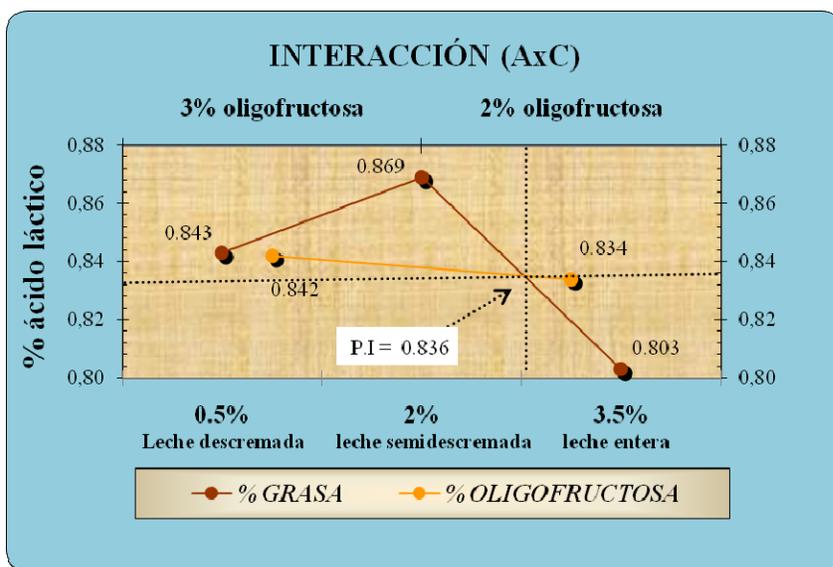
<b>Factor A (% de grasa de la leche)</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>A2</b>	5.346	a
<b>A1</b>	5.269	b
<b>A3</b>	<b>5.138</b>	<b>c</b>

Analizando el factor A (% de grasa de la leche) aplicando la prueba de DMS se encontró la presencia de tres rangos (a, b, c), lo cual indica un comportamiento diferente entre los niveles de este factor, siendo el nivel A3 (3.5% de grasa de la leche) el que presenta el promedio de acidez más bajo con un valor de 0.80% de ácido láctico, mientras que el nivel A2 (2.0% de grasa de la leche) es el que presenta el mayor promedio de acidez con un valor de 0.87% de ácido láctico.

**Cuadro 99: Prueba de DMS al 5% para el factor C (% de oligofructosa) de la variable acidez a los veintiún días (con transformación arco-seno)**

<b>Factor C (% de Oligofructosa)</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>C2</b>	5.263	a
<b>C1</b>	<b>5.238</b>	<b>a</b>

Con respecto al análisis del factor C (% de oligofructosa) utilizando la prueba de DMS, se encontró la presencia de un solo rango (a) lo que significa que los niveles son similares, pero el nivel C1 (2% de oligofructosa) es el que presenta la media más baja de acidez, por lo tanto se lo considera como mejor nivel.



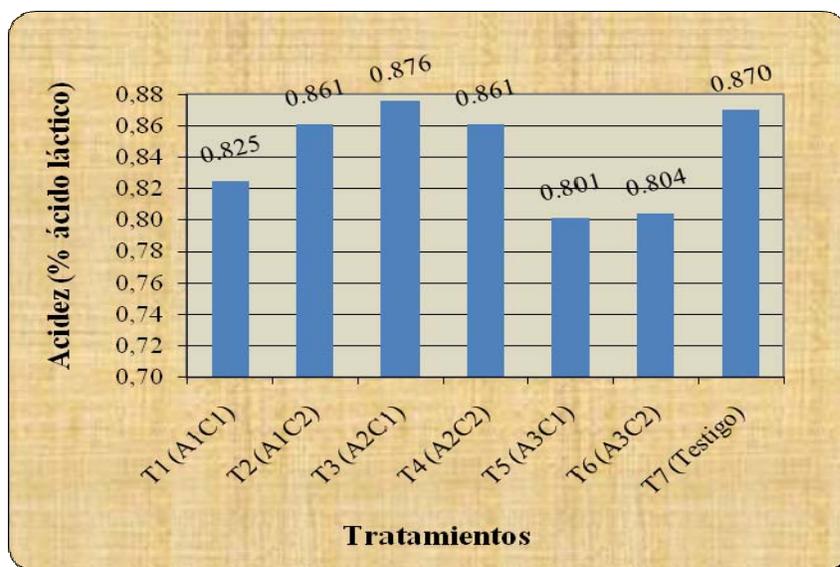
**Gráfico 33: Interacción de factores A (% de grasa de la leche) y C (% de oligofruktosa) para la variable acidez a los veintidós días**

En el gráfico 33 se aprecia que al final de la vida útil del producto, el % de grasa de la leche es inversamente proporcional y la cantidad de oligofruktosa adicionada al yogur es directamente proporcional al desarrollo de la acidez, obteniendo el punto óptimo, cuando se trabaja con una leche entera y con menor porcentaje de oligofruktosa, es decir de alrededor del 2%.

**Cuadro 100: Interacción del tratamiento testigo vs el resto para la variable acidez a los veintidós días (con transformación arco-seno)**

Tratamientos	Medias	Rangos
T7 (Testigo)	5.350	a
Otros	5.251	b

Al realizar la prueba de DMS para la interacción del tratamiento testigo vs el resto de tratamientos para la variable acidez a los veintiún días de elaborado el producto, se detectó la presencia de dos rangos (a y b), los cuales tienen comportamientos diferentes, siendo el promedio de los tratamientos T1, T2, T3, T4, T5 y T6, el que prevalece sobre el tratamiento testigo por presentar una menor acidez.



**Gráfico 34: Comportamiento de las medias de la variable acidez a los veintiún días (expresado en % de ácido láctico)**

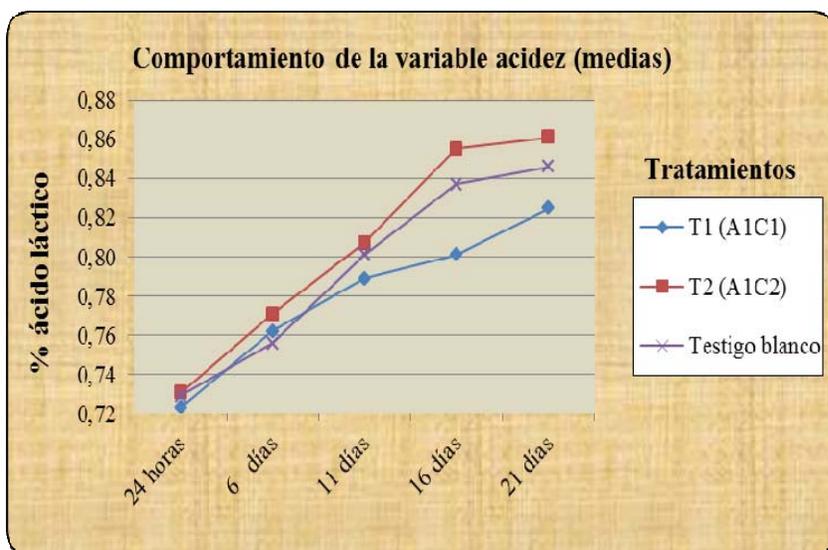
El gráfico 34 demuestra que al final de la vida útil del producto, es decir a los veintiún días de elaboración, todos los tratamientos presentan un aumento de acidez, pero es el tratamiento T5 (3.5% de grasa de la leche y 2% de oligofruktosa) el que ha presentado el menor valor de acidez y se lo considera como el mejor tratamiento con una media de 0.80% de ácido láctico, es decir que

dicho tratamiento desde las veinticuatro horas de elaboración hasta los veintiún días de almacenamiento ha variado en su acidez 0.07% en ácido láctico, mientras que el tratamiento T3 (2% de grasa de la leche y 2% de oligofruktosa) cuya variación desde las veinticuatro horas de elaboración hasta los veintiún días de almacenamiento es de 0.12% en ácido láctico.

**Cuadro 101: Acidez del yogur elaborado con leche descremada al 0.5% de materia grasa (expresado en % de ácido láctico)**

<b>Tratamientos</b>	<b>24 horas</b>	<b>6 días</b>	<b>11 días</b>	<b>16 días</b>	<b>21 días</b>
<b>T1</b>	0.723	0.762	0.789	0.801	0.825
<b>T2</b>	0.731	0.771	0.807	0.855	0.861
<b>Testigo blanco</b>	0.729	0.756	0.801	0.837	0.846

En el cuadro se puede observar el desarrollo de acidez desde las veinticuatro horas de elaborado el producto hasta los veintiún días de almacenamiento de los tratamientos T1 (0.5% de grasa de la leche y 2% de oligofruktosa) y T2 (0.5% de grasa de la leche y 3% de oligofruktosa), comparados frente a un testigo blanco elaborado con leche descremada al 0.5% de materia grasa y sin la adición de la fibra oligofruktosa.



**Gráfico 35: Comportamiento de la variable acidez expresado en % de ácido láctico (medias)**

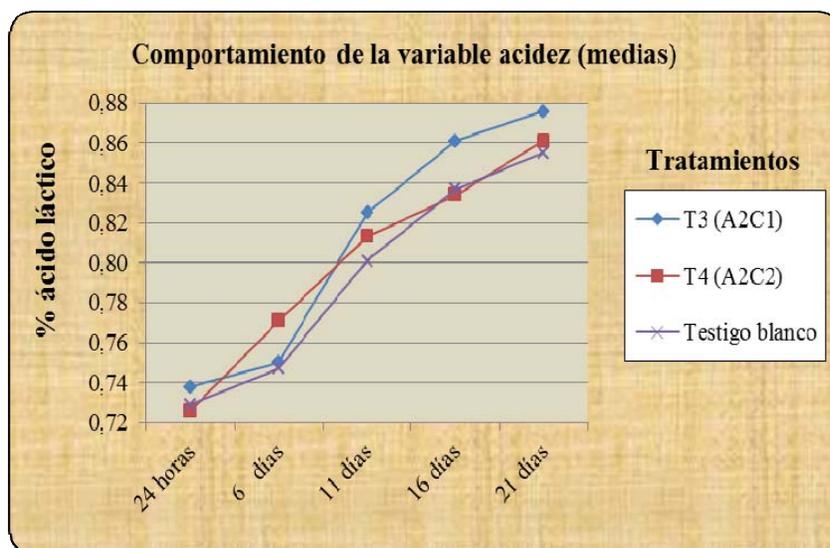
En el gráfico 35 se puede observar las diferentes curvas de acidez que presentan los tratamientos T1, T2 y el testigo blanco. El tratamiento T1 (0.5% de grasa de la leche y 2% de oligofruktosa) desde las veinticuatro horas de su elaboración hasta los veintiún días de almacenamiento presenta una variación de 0.11% en ácido láctico, es decir que la acidez subió de 0.72 a 0.83% de ácido láctico. El tratamiento T2 (0.5% de grasa de la leche y 3% de oligofruktosa) desde las veinticuatro horas de elaboración hasta los veintiún días de almacenamiento presenta una variación de 0.13% en ácido láctico, es decir que la acidez subió de 0.73 a 0.86% de ácido láctico, mientras que el testigo blanco, elaborado con la misma leche pero sin la fibra oligofruktosa, desde las veinticuatro horas de elaboración (0.73% de ácido láctico), hasta los veintiún días de almacenamiento (0.85% de ácido láctico), presenta una variación de 0.12% de ácido láctico. Las

diferentes variaciones presentadas se debe a la presencia de la fibra oligofruetosa, es decir que a mayor cantidad de oligofruetosa el desarrollo de acidez es mayor como se puede observar con el tratamiento T2, la fibra contenida actúa como sustrato para el desarrollo microbiológico propio del producto produciéndose mayor cantidad de ácido láctico, lo cual no ocurre con el testigo blanco.

**Cuadro 102: Acidez del yogur elaborado con leche semidescremada al 2% de materia grasa (expresado en % de ácido láctico)**

<b>Tratamientos</b>	<b>24 horas</b>	<b>6 días</b>	<b>11 días</b>	<b>16 días</b>	<b>21 días</b>
<b>T3</b>	0.738	0.750	0.825	0.861	0.876
<b>T4</b>	0.726	0.771	0.813	0.834	0.861
<b>Testigo blanco</b>	0.729	0.747	0.801	0.837	0.855

En el cuadro se puede observar el desarrollo de la acidez desde las veinticuatro horas de elaborado el producto hasta los veintiún días de almacenamiento de los tratamientos T3 (2% de grasa de la leche y 2% de oligofruetosa) y T4 (2% de grasa de la leche y 3% de oligofruetosa), comparados frente a un testigo blanco elaborado con leche descremada al 2% de materia grasa y sin la adición de la fibra oligofruetosa.



**Gráfico 36: Comportamiento de la variable acidez expresado en % de ácido láctico (medias)**

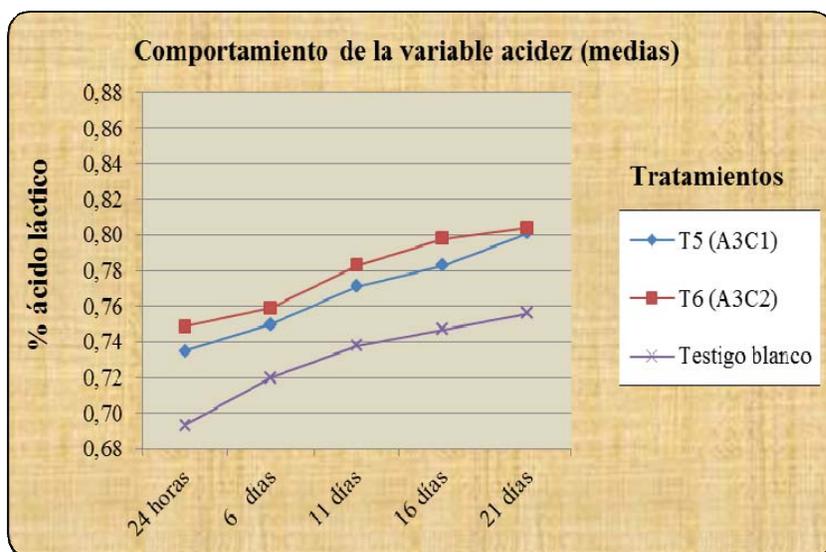
En el gráfico 36 se puede observar las diferentes curvas de acidez presentadas por los tratamientos T3, T4 y el testigo blanco. El tratamiento T3 (2% de grasa de la leche y 2% de oligofruktosa) desde las veinticuatro horas de elaboración hasta los veintiún días de almacenamiento presenta una variación de 0.14% en ácido láctico, es decir que su acidez subió de 0.74 a 0.88% de ácido láctico. El tratamiento T4 (2% de grasa de la leche y 3% de oligofruktosa) desde las veinticuatro horas de elaboración hasta los veintiún días de almacenamiento presenta una variación de 0.13% en ácido láctico, es decir que la acidez subió de 0.73 a 0.86% de ácido láctico, y el testigo blanco, elaborado con la misma leche pero sin la fibra oligofruktosa, desde las veinticuatro horas de elaboración (0.73% de ácido láctico), hasta los veintiún días de almacenamiento (0.86% de ácido láctico), presenta una variación de 0.13% de ácido láctico. En los tratamientos T3

y T4 elaborados con leche semidescremada se puede observar que la fibra adicionada influye en la producción de ácido láctico, mientras que el testigo blanco presenta menor variación de acidez por no contener la fibra oligofruetosa.

**Cuadro 103: Acidez del yogur elaborado con leche entera al 3.5% de materia grasa (expresado en % de ácido láctico)**

<b>Tratamientos</b>	<b>24 horas</b>	<b>6 días</b>	<b>11 días</b>	<b>16 días</b>	<b>21 días</b>
<b>T5</b>	0.735	0.750	0.771	0.783	0.801
<b>T6</b>	0.749	0.759	0.783	0.798	0.804
<b>Testigo blanco</b>	0.693	0.720	0.738	0.747	0.756

En el cuadro se puede observar el desarrollo de la acidez desde las veinticuatro horas de elaborado el producto hasta los veintiún días de almacenamiento de los tratamientos T5 (3.5% de grasa de la leche y 2% de oligofruetosa) y T6 (3.5% de grasa de la leche y 3% de oligofruetosa), comparados frente a un testigo blanco elaborado con leche descremada al 3.5% de materia grasa y sin la adición de la fibra oligofruetosa.



**Gráfico 37: Comportamiento de la variable acidez expresado en % de ácido láctico (medias)**

En el gráfico 37 se puede observar las diferentes curvas de acidez que presentan los tratamientos T5, T6 y el testigo blanco. El tratamiento T5 (3.5% de grasa de la leche y 2% de oligofruktosa) desde las veinticuatro horas de elaboración hasta los veintiún días de almacenamiento presenta una variación de 0.06% en ácido láctico, es decir que la acidez subió de 0.74 a 0.80% de ácido láctico. El tratamiento T6 (3.5% de grasa de la leche y 3% de oligofruktosa) desde las veinticuatro horas de elaboración hasta los veintiún días de almacenamiento presenta una variación de 0.05% en ácido láctico, es decir que la acidez subió de 0.75 a 0.80% de ácido láctico, mientras que el testigo blanco, elaborado con la misma leche pero sin la fibra oligofruktosa, desde las veinticuatro horas de elaboración (0.69% de ácido láctico) hasta los veintiún días de almacenamiento (0.76% de ácido láctico), presenta una variación de 0.07% de ácido láctico. La

acidez de los tratamientos T5, T6 es mayor a la acidez del testigo blanco, esto se debe a que dichos tratamientos contienen la fibra oligofruktosa, que sirve de sustrato para el desarrollo microbiológico propio del producto.

#### **4.8 VISCOSIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO**

Esta variable se midió a las veinticuatro horas, seis, once, dieciséis y veintiún días de elaborado el producto.

##### **4.8.1 Viscosidad a las veinticuatro horas**

Esta variable se midió en el producto terminado a las veinticuatro horas de elaborado, los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

**Cuadro 104: Viscosidad del yogur expresado en cm/min a las veinticuatro horas**

<b>Tratamientos</b>	<b>Repeticiones</b>			$\Sigma t$	<b>Media</b>
	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>		
<b>T1</b>	12.000	11.500	12.000	<b>35.500</b>	<b>11.833</b>
<b>T2</b>	11.250	11.000	11.000	<b>33.250</b>	<b>11.083</b>
<b>T3</b>	8.500	8.500	8.250	<b>25.250</b>	<b>8.417</b>
<b>T4</b>	6.750	6.750	7.000	<b>20.500</b>	<b>6.833</b>
<b>T5</b>	6.250	6.250	6.000	<b>18.500</b>	<b>6.167</b>
<b>T6</b>	5.500	5.750	5.000	<b>16.250</b>	<b>5.417</b>
<b>T7 (testigo)</b>	7.000	7.000	7.000	<b>21.000</b>	<b>7.000</b>
				<b>170.250</b>	<b>8.107</b>

**Cuadro 105: Análisis de varianza de viscosidad del yogur a las veinticuatro horas**

ADEVA							
F de V	G.L	S.C	C.M	F.C	F. tabular		
					5%	1%	
<b>Total</b>	20	110.696	-				
<b>Tratamientos</b>	6	110.071	18.345	463.957 **	2.85	4.46	
<b>Factor A (% grasa)</b>	2	100.333	50.167	1268.731 **	3.74	6.51	
<b>Factor C (% oligofruktosa)</b>	1	4.753	4.753	120.217 **	4.60	8.86	
<b>Interacción Ax C</b>	2	0.694	0.347	8.781 **	3.74	6.51	
<b>Testigo vs otros</b>	1	4.290	4.290	108.500 **	4.60	8.86	
<b>Error Experimental</b>	14	0.554	0.040				

CV= 2.453%

\*\* Altamente significativo

Según el ADEVA realizado para la variable viscosidad del producto a las veinticuatro horas de elaboración, presentó alta significación estadística para tratamientos, factor A, factor C, interacción A x C y para la interacción del tratamiento testigo vs el resto de tratamientos.

Luego de detectada la significación estadística se procedió a realizar las pruebas de significación correspondientes, es decir: Tukey para tratamiento, DMS para factores e interacciones y se procede a graficar.

**Cuadro 106: Prueba de Tukey al 5% para tratamientos de la variable viscosidad a las veinticuatro horas**

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T1</b>	11.833	a
<b>T2</b>	11.083	b
<b>T3</b>	8.417	c
<b>T7 (Testigo)</b>	7.000	d
<b>T4</b>	6.833	e
<b>T5</b>	6.167	e
<b>T6</b>	<b>5.417</b>	<b>f</b>

Para analizar los tratamientos se realizó la prueba de Tukey encontrándose la presencia de seis rangos diferentes, siendo T6 (3.5% de grasa de la leche y 3% de oligofructosa) el tratamiento que presenta la media más baja de viscosidad con un valor de 5.42cm/min, por lo tanto se considera como el mejor tratamiento en esta etapa del experimento, mientras que el tratamiento T1 (0.5% de grasa de la leche y 2% de oligofructosa) presenta la media más alta de viscosidad con un valor de 11.83cm/min, por lo tanto es el tratamiento más fluido.

**Cuadro 107: Prueba de DMS al 5% para el factor A (% de grasa de la leche) de la variable viscosidad a las veinticuatro horas**

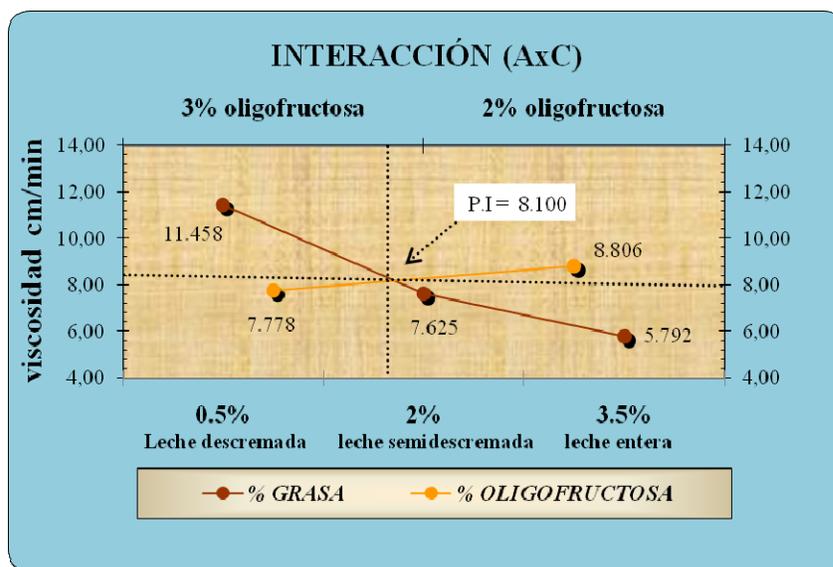
<b>Factor A (% de grasa de la leche)</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>A1</b>	11.458	a
<b>A2</b>	7.625	b
<b>A3</b>	<b>5.792</b>	<b>c</b>

Al analizar el factor A (% de grasa de la leche) utilizando la prueba de DMS, se encontró la presencia de tres rangos (a, b, c), los cuales tienen un comportamiento diferente, se determinó como mejor el nivel A3 (3.5% de grasa de la leche) por presentar el promedio más bajo de viscosidad con un valor de 5.79cm/min.

**Cuadro 108: Prueba de DMS al 5% para el factor C (% de oligofructosa) de la variable viscosidad a las veinticuatro horas**

<b>Factor C (% de Oligofructosa)</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>C1</b>	8.806	a
<b>C2</b>	<b>7.778</b>	<b>b</b>

Con respecto al factor C (% de oligofructosa), al ser analizado mediante la prueba de DMS se determinó la presencia de dos rangos: (a y b) los cuales tienen un comportamiento diferente, determinándose como mejor el nivel C2 (3% de oligofructosa), lo que significa que al adicionar mayor cantidad de fibra se mejora la viscosidad del producto.



**Gráfico 38: Interacción de los factores A (% de grasa de la leche) y C (% de oligofructosa) para la variable viscosidad a las veinticuatro horas**

En el gráfico 38 se aprecia que la viscosidad es directamente proporcional al % de grasa de la leche y al % de oligofructosa añadidos al yogur, es decir que a mayor contenido de estos ingredientes, más viscoso será el producto, siendo óptimo trabajar con alrededor del 3% de oligofructosa y con leche semidescremada.

**Cuadro 109: Interacción del tratamiento testigo vs el resto para la variable viscosidad a las veinticuatro horas**

Tratamientos	Medias	Rangos
Otros	8.292	a
T7 (Testigo)	7.000	b

En la prueba de DMS para la interacción del tratamiento testigo vs el resto de tratamientos de la variable viscosidad a las veinticuatro horas de elaborado el

producto, se detectó la presencia de dos rangos (a y b) los cuales tienen comportamientos diferentes, siendo el tratamiento testigo con una media de 7.00cm/min el que mejor viscosidad presenta en esta etapa de experimento con respecto al resto de tratamientos.



**Gráfico 39: Comportamiento de las medias de la variable viscosidad a las veinticuatro horas (expresado en cm/min)**

El gráfico 39 demuestra que el tratamiento T6 (3.5% de grasa de la leche y 3% de oligofruktosa) presenta el menor valor de viscosidad con una media de 5.42cm/min, siendo el tratamiento que tardó menor tiempo en deslizarse por el viscosímetro debido a su consistencia y el tratamiento T1 (0.5% de grasa de la leche y 2% de oligofruktosa) con una media de 11.83cm/min es el más fluido, esto significa que la mayor concentración de grasa en la leche y mayor cantidad de oligofruktosa contribuyen a la estabilidad del yogur.

#### 4.8.2 Viscosidad a los seis días

Esta variable se midió en el producto terminado a los seis días de elaborado, los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

**Cuadro 110: Viscosidad del yogur expresado en cm/min a los seis días**

Tratamientos	Repeticiones			$\Sigma t$	Media
	R1	R2	R3		
T1	11.000	11.500	11.750	34.250	11.417
T2	10.500	10.500	10.000	31.000	10.333
T3	8.500	8.500	8.000	25.000	8.333
T4	6.750	6.750	6.750	20.250	6.750
T5	6.000	5.000	5.000	16.000	5.333
T6	4.750	4.500	5.000	14.250	4.750
T7 (testigo)	7.000	6.500	6.500	20.000	6.667
				160.750	7.655

**Cuadro 111: Análisis de varianza de viscosidad del yogur a los seis días**

ADEVA						
F de V	G.L	S.C	C.M	F.C	F. tabular	
					5%	1%
<b>Total</b>	20	113.810	-			
<b>Tratamientos</b>	6	112.226	18.704	187.203 **	2.85	4.46
<b>Factor A (% grasa)</b>	2	102.778	51.389	514.326 **	3.74	6.51
<b>Factor C (% oligofruktosa)</b>	1	5.281	5.281	52.857 **	4.60	8.86
<b>Interacción Ax C</b>	2	0.750	0.375	3.753 *	3.74	6.51
<b>Testigo vs otros</b>	1	3.417	3.417	34.201 **	4.60	8.86
<b>Error Experimental</b>	14	1.399	0.100			

CV= 4.129%

\*\* Altamente significativo

\* Significativo

El análisis de varianza realizado para la variable viscosidad a los seis días de elaborado el producto presentó alta significación estadística para tratamientos, factor A, factor C e interacción del tratamiento testigo vs el resto de tratamientos y significación estadística para la interacción A x C por lo cual se procedió a realizar las pruebas de significación correspondientes.

**Cuadro 112: Prueba de Tukey al 5% para tratamientos de la variable viscosidad a los seis días**

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T1</b>	11.417	a
<b>T2</b>	10.333	b
<b>T3</b>	8.333	c
<b>T4</b>	6.750	d
<b>T7 (Testigo)</b>	6.667	d
<b>T5</b>	<b>5.333</b>	<b>e</b>
<b>T6</b>	<b>4.750</b>	<b>e</b>

Al realizar la prueba de Tukey para tratamientos se encontró la presencia de cinco rangos (a, b, c, d y e), lo cual indica que los tratamientos son diferentes, determinando a los tratamientos T6 (3.5% de grasa de la leche y 3% de oligofructosa) y T5 (3.5% de grasa de la leche y 2% de oligofructosa) como mejores por presentar las medias más bajas de viscosidad en esta etapa del experimento, mientras que el tratamiento T1 (0.5% de grasa de la leche y 2% de oligofructosa) con la media más alta, lo cual significa que es el tratamiento que presenta la menor viscosidad de todos.

**Cuadro 113: Prueba de DMS al 5% para el factor A (% de grasa de la leche) de la variable viscosidad a los seis días**

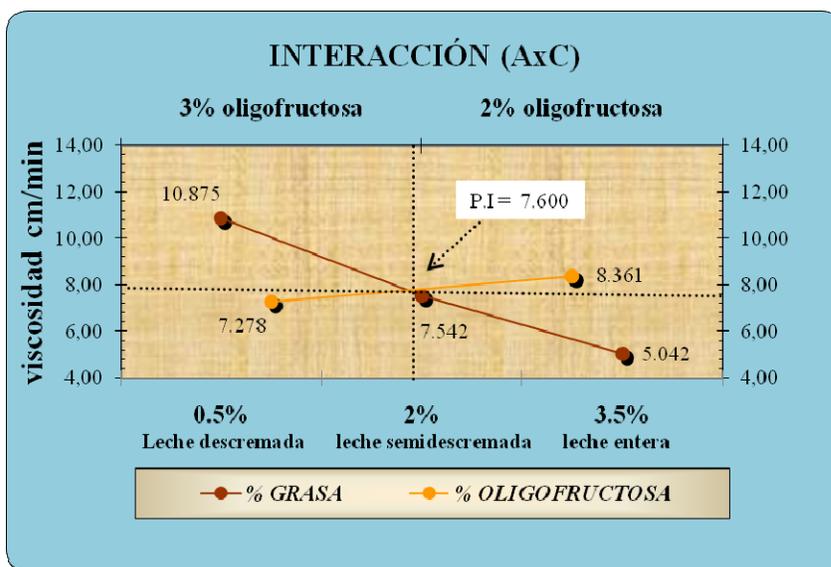
<b>Factor A (% de grasa de la leche)</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>A1</b>	10.875	a
<b>A2</b>	7.542	b
<b>A3</b>	<b>5.042</b>	<b>c</b>

Luego de realizada la prueba de DMS para el factor A (% de grasa de la leche), se encontró la presencia de tres rangos: (a, b, c) determinándose que el nivel A3 (3.5% de grasa de la leche) con un valor de 5.04cm/min, es el que mejor actúa para la variable viscosidad.

**Cuadro 114: Prueba de DMS al 5% para el factor C (% de oligofruktosa) de la variable viscosidad a los seis días**

<b>Factor C (% de Oligofruktosa)</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>C1</b>	8.361	a
<b>C2</b>	<b>7.278</b>	<b>b</b>

Al analizar el factor el factor C (% de oligofruktosa) mediante la prueba de DMS, se determinó la presencia de dos rangos: (a y b) los cuales tienen un comportamiento diferente, determinando como mejor el nivel C2 (3% de oligofruktosa) para esta variable, lo que significa que a mayor cantidad de fibra adicionada mejor es la viscosidad del producto.



**Gráfico 40: Interacción de los factores A (% de grasa de la leche) y C (% de oligofruktosa) para la variable viscosidad a los seis días**

En el gráfico 40 se aprecia que la viscosidad es directamente proporcional al % de grasa de la leche y al % de oligofruktosa añadidos al yogur, esto significa que a mayor contenido de estos ingredientes, más viscoso será el producto en esta etapa del experimento, siendo óptimo trabajar con alrededor del 3% de oligofruktosa y con leche semidescremada.

**Cuadro 115: Interacción del tratamiento testigo vs el resto para la variable viscosidad a los seis días**

Tratamientos	Medias	Rangos
Otros	7.819	a
T7 (Testigo)	6.667	b

En la prueba de DMS para la interacción del tratamiento testigo vs el resto de tratamientos de la variable viscosidad a los seis días de elaborado el producto, se detectó la presencia de dos rangos (a y b) los cuales tienen comportamientos diferentes, determinando al tratamiento testigo como mejor por presentar la media de viscosidad más baja con un promedio de 6.67cm/min con respecto al resto de tratamientos cuya media es de 7.82cm/min.



**Gráfico 41: Comportamiento de las medias de la variable viscosidad a los seis días (expresado en cm/min)**

El gráfico 41 indica que el tratamiento T6 (3.5% de grasa de la leche y 3% de oligofructosa) presenta el menor valor de viscosidad con una media de 4.75cm/min, se demuestra que existe una disminución del promedio de viscosidad si se lo relacionado con el promedio obtenido a las veinticuatro horas de elaboración, esto se debe a que en el tiempo de almacenamiento la fibra añadida

actúa como gelificante contribuyendo a la estabilidad del yogur, mientras que el tratamiento T1 (0.5% de grasa de la leche y 2% de oligofruktosa) con una media de 11.42cm/min, también presenta una reducción del valor de la viscosidad pero continua siendo el tratamiento con mayor fluidez.

#### 4.8.3 Viscosidad a los once días

Esta variable se midió en el producto terminado a los once días de elaborado, los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

**Cuadro 116: Viscosidad del yogur expresado en cm/min a los once días**

Tratamientos	Repeticiones			$\Sigma t$	Media
	R1	R2	R3		
<b>T1</b>	11.000	11.500	11.500	<b>34.000</b>	<b>11.333</b>
<b>T2</b>	10.000	10.000	9.500	<b>29.500</b>	<b>9.833</b>
<b>T3</b>	8.000	8.250	8.000	<b>24.250</b>	<b>8.083</b>
<b>T4</b>	6.750	6.250	6.250	<b>19.250</b>	<b>6.417</b>
<b>T5</b>	5.000	4.750	4.750	<b>14.500</b>	<b>4.833</b>
<b>T6</b>	4.500	4.500	4.500	<b>13.500</b>	<b>4.500</b>
<b>T7 (testigo)</b>	6.750	6.500	6.500	<b>19.750</b>	<b>6.583</b>
				<b>154.750</b>	<b>7.369</b>

**Cuadro 117: Análisis de varianza de viscosidad del yogur a los once días**

ADEVA							
F de V	G.L	S.C	C.M	F.C	F. tabular		
					5%	1%	
<b>Total</b>	20	116.077	-				
<b>Tratamientos</b>	6	115.452	19.242	491.928 **	2.85	4.46	
<b>Factor A (% grasa)</b>	2	105.583	52.792	1349.630 **	3.74	6.51	
<b>Factor C (% oligofruktosa)</b>	1	6.125	6.125	156.587 **	4.60	8.86	
<b>Interacción Ax C</b>	2	1.583	0.792	20.239 **	3.74	6.51	
<b>Testigo vs otros</b>	1	2.161	2.161	55.239 **	4.60	8.86	
<b>Error Experimental</b>	14	0.548	0.039				

CV= 2.684%

\*\* Altamente significativo

Realizado el ADEVA de la variable viscosidad a los once días de elaborado el producto se ha podido detectar que existe alta significación estadística para tratamientos, factor A, factor C, interacción A x C e interacción del tratamiento testigo vs el resto de tratamientos, detectada la significación estadística se procedió a realizar las pruebas de significación correspondientes, es decir: Tukey para tratamientos, DMS para factores e interacciones y se procede a graficar.

**Cuadro 118: Prueba de Tukey al 5% para tratamientos de la variable viscosidad a los once días**

Tratamientos	Medias	Rangos
<b>T1</b>	11.333	a
<b>T2</b>	9.833	b
<b>T3</b>	8.083	c
<b>T7 (Testigo)</b>	6.583	d
<b>T4</b>	6.417	d
<b>T5</b>	<b>4.833</b>	e
<b>T6</b>	<b>4.500</b>	e

Al realizar la prueba de Tukey para tratamientos se encontró la presencia de cinco rangos, lo cual indica que los tratamientos son diferentes; considerando a los tratamientos T6 (3.5% de grasa de la leche y 3% de oligofructosa) y T5 (3.5% de grasa de la leche y 2% de oligofructosa) como los mejores tratamientos en esta etapa del experimento por presentar las medias de viscosidad más bajas, mientras que el tratamiento T1 (0.5% de grasa de la leche y 2% de oligofructosa) se ubica en el último lugar por presentar mayor fluidez en el producto.

**Cuadro 119: Prueba de DMS al 5% para el factor A (% de grasa de la leche) de la variable viscosidad a los once días**

<b>Factor A (% de grasa de la leche)</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>A1</b>	10.583	a
<b>A2</b>	7.250	b
<b>A3</b>	<b>4.667</b>	<b>c</b>

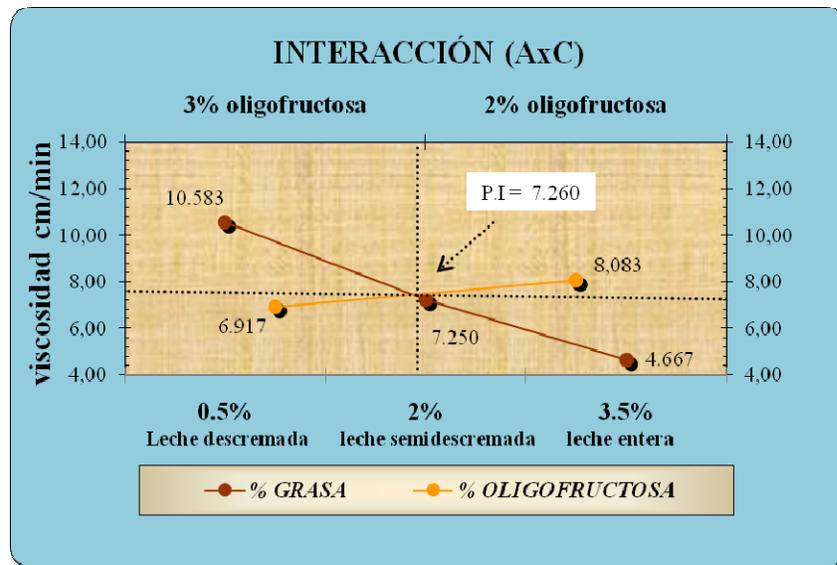
Al analizar el factor A (% de grasa de la leche) utilizando la prueba de DMS, se encontró la presencia de tres rangos (a, b, c) determinándose que el nivel A3 (3.5% de grasa de la leche) actúa mejor con respecto a la variable viscosidad.

**Cuadro 120: Prueba de DMS al 5% para el factor C (% de oligofructosa) de la variable viscosidad a los once días**

<b>Factor C (% de Oligofructosa)</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>C1</b>	8.083	a
<b>C2</b>	<b>6.917</b>	<b>b</b>

Con respecto al factor C (% de oligofructosa) analizado mediante la prueba de DMS, se determinó la presencia de dos rangos: (a y b) los cuales tienen un

comportamiento diferente, determinando como mejor el nivel C2 (3% de oligofruktosa) lo significa que a mayor cantidad de la fibra adicionada mejor es la viscosidad del producto y se mantiene durante su almacenamiento.



**Gráfico 42: Interacción de los factores A (% de grasa de la leche) y C (% de oligofruktosa) para la variable viscosidad a los once días**

En el gráfico 42 se aprecia que la viscosidad es directamente proporcional al % de grasa de la leche y al % de oligofruktosa añadidos al yogur, lo que significa que a mayor contenido tanto de grasa de la leche como de la fibra oligofruktosa, más viscoso será el yogur, siendo óptimo trabajar con alrededor del 3% de oligofruktosa y con leche semidescremada.

**Cuadro 121: Interacción del tratamiento testigo vs el resto para la variable viscosidad a los once días**

Tratamientos	Medias	Rangos
Otros	7.500	a
T7 (Testigo)	6.583	b

Para analizar la interacción del tratamiento testigo vs el resto de tratamientos se aplicó la prueba de DMS, se encontró la presencia de dos rangos (a y b), los cuales tienen comportamientos diferentes y se considera como el mejor al tratamiento T7 (testigo) por presentar la media más baja de viscosidad.



**Gráfico 43: Comportamiento de las medias de la variable viscosidad a los once días (expresado en cm/min)**

En el gráfico 43 se indica que los tratamientos T6 (3.5% de grasa de la leche y 3% de oligofructosa) y T5 (3.5% de grasa de la leche y 2% de oligofructosa),

presentan una ligera variación de viscosidad y continúan siendo los mejores tratamientos por presentar menor valor con una media de 4.50 y 4.83cm/min respectivamente, mientras que el tratamiento T1 (0.5% de grasa de la leche y 2% de oligofruktosa) con una media de 11.33cm/min continua siendo el tratamiento más fluido.

#### 4.8.4 Viscosidad a los dieciséis días

Esta variable se midió en el producto terminado a los dieciséis días de elaborado, los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

**Cuadro 122: Viscosidad del yogur expresado en cm/min a los dieciséis días**

Tratamientos	Repeticiones			$\Sigma t$	Media
	R1	R2	R3		
<b>T1</b>	10.750	11.000	11.000	<b>32.750</b>	<b>10.917</b>
<b>T2</b>	9.500	10.000	9.500	<b>29.000</b>	<b>9.667</b>
<b>T3</b>	8.000	8.000	7.750	<b>23.750</b>	<b>7.917</b>
<b>T4</b>	6.000	6.500	6.250	<b>18.750</b>	<b>6.250</b>
<b>T5</b>	4.750	4.750	4.750	<b>14.250</b>	<b>4.750</b>
<b>T6</b>	4.500	4.500	4.500	<b>13.500</b>	<b>4.500</b>
<b>T7 (testigo)</b>	6.500	6.000	6.000	<b>18.500</b>	<b>6.167</b>
				<b>150.500</b>	<b>7.167</b>

**Cuadro 123: Análisis de varianza de viscosidad del yogur a los dieciséis días**

ADEVA						
F de V	G.L	S.C	C.M	F.C	F. tabular	
					5%	1%
<b>Total</b>	20	107.542	-			
<b>Tratamientos</b>	6	107.000	17.833	537.744 **	2.85	4.46
<b>Factor A (% grasa)</b>	2	96.896	48.448	1460.891 **	3.74	6.51
<b>Factor C (% oligofruktosa)</b>	1	5.014	5.014	151.188 **	4.60	8.86
<b>Interacción AxC</b>	2	1.590	0.795	23.76 **	3.74	6.51
<b>Testigo vs otros</b>	1	3.500	3.500	105.538 **	4.60	8.86
<b>Error Experimental</b>	14	0.464	0.033			

CV= 2.541%

\*\* Altamente significativo

El análisis de varianza realizado para la variable viscosidad del yogur a los dieciséis días de elaboración del producto demuestra que: existe alta significación estadística para tratamientos, factores A y C, para la interacción A x C y para la interacción del tratamiento testigo vs el resto de tratamientos, por lo tanto se precedió a realizar las pruebas de significación correspondientes.

**Cuadro 124: Prueba de Tukey al 5% para tratamientos de la variable viscosidad a los dieciséis días**

Tratamientos	Medias	Rangos
<b>T1</b>	10.917	a
<b>T2</b>	9.667	b
<b>T3</b>	7.917	c
<b>T7 (Testigo)</b>	6.250	d
<b>T4</b>	6.167	e
<b>T5</b>	<b>4.750</b>	<b>f</b>
<b>T6</b>	<b>4.500</b>	<b>f</b>

Al realizar la prueba de Tukey para tratamientos se encontró la presencia de seis rangos diferentes: (a, b, c, d, e, f), demostrando que los tratamientos actúan de forma diferente con respecto a la viscosidad en esta etapa del experimento, se observa la continuidad de los tratamientos T6 (3.5% de grasa de la leche y 3% de oligofructosa) con una media de 4.50cm/min y T5 (3.5% de grasa de la leche y 2% de oligofructosa) con una media de 4.75cm/min como los mejores tratamientos por su mayor viscosidad, mientras que el tratamiento T1 (0.5% de grasa de la leche y 2% de oligofructosa) se ubica en el último lugar presentando la media más alta con un valor de 10.92cm/min, lo cual significa que es el tratamiento con menor viscosidad de todos.

**Cuadro 125: Prueba de DMS al 5% para el factor A (% de grasa de la leche) de la variable viscosidad a los dieciséis días**

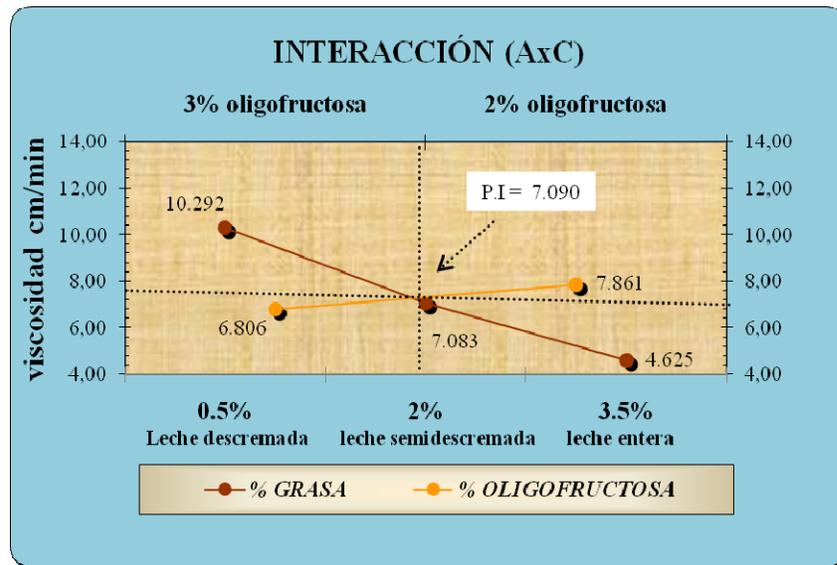
<b>Factor A (% de grasa de la leche)</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>A1</b>	10.292	a
<b>A2</b>	7.083	b
<b>A3</b>	<b>4.625</b>	<b>c</b>

Analizando el factor A (% de grasa de la leche) utilizando la prueba de DMS, se encontró la presencia de tres rangos (a, b, c) lo que indica un comportamiento diferente de sus niveles, determinado al nivel A3 (3.5% de grasa de la leche) con un promedio de 4.63cm/min como el mejor, por su mayor aporte de materia grasa ayuda a mejorar la viscosidad del producto.

**Cuadro 126: Prueba de DMS al 5% para el factor C (% de oligofruetosa) de la variable viscosidad a los dieciséis días**

Factor C (% de Oligofruetosa)	Medias	Rangos
C1	7.861	a
C2	6.806	b

Analizando el factor C (% de oligofruetosa) utilizando la prueba de DMS, se encontró la presencia de dos rangos (a y b) los cuales tienen un comportamiento diferente, determinando como mejor al nivel C2 (3% de oligofruetosa) con una media de 6.81cm/min, ya que a mayor cantidad de oligofruetosa adicionada mejora la viscosidad del producto.



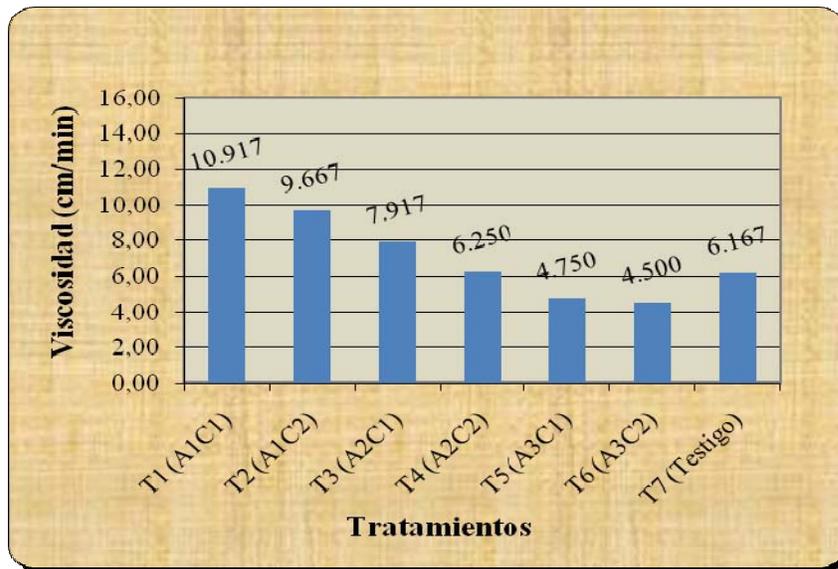
**Gráfico 44: Interacción de los factores A (% de grasa de la leche) y C (% de oligofruetosa) para la variable viscosidad a los dieciséis días**

En el gráfico 44 se puede observar que la viscosidad es directamente proporcional al % de grasa de la leche y al % de oligofructosa añadidos al yogur, es decir que a mayor contenido de estos, mayor viscosidad tendrá el producto, siendo óptimo trabajar con alrededor del 3% de oligofructosa y con leche semidescremada.

**Cuadro 127: Interacción del tratamiento testigo vs el resto para la variable viscosidad a los dieciséis días**

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>Otros</b>	7.333	a
<b>T7 (Testigo)</b>	<b>6.167</b>	<b>b</b>

En la prueba de DMS para la interacción del tratamiento testigo vs el resto de tratamientos de la variable viscosidad a los dieciséis días de elaborado el producto, se detectó la presencia de dos rangos (a y b), los cuales tienen comportamientos diferentes, siendo el tratamiento T7 (testigo) el mejor con una media de 6.17cm/min el que menor valor de viscosidad presenta con relación a la media del resto de tratamiento cuyo valor es de 7.33cm/min.



**Gráfico 45: Comportamiento de las medias de la variable viscosidad a los dieciséis días (expresado en cm/min)**

En el gráfico 45 se puede observar la continuidad del tratamiento T6 (3.5% de grasa de la leche y 3% de oligofructosa) con una media de 4.50cm/min y T5 (3.5% de grasa de la leche y 2% de oligofructosa) con una media de 4.75cm/min como mejores tratamientos y el tratamiento T1 (0.5% de grasa de la leche y 2% de oligofructosa) es el más fluido con una media de 10.91cm/min.

#### **4.8.5 Viscosidad a los veintiún días**

Esta variable se midió en el producto terminado a los veintiún días de elaborado, los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

**Cuadro 128: Viscosidad del yogur expresado en cm/min a los veintiún días**

Tratamientos	Repeticiones			$\Sigma t$	Media
	R1	R2	R3		
<b>T1</b>	10.750	10.750	10.500	<b>32.000</b>	<b>10.667</b>
<b>T2</b>	9.500	9.750	9.500	<b>28.750</b>	<b>9.583</b>
<b>T3</b>	7.750	7.750	7.500	<b>23.000</b>	<b>7.667</b>
<b>T4</b>	6.000	6.500	6.250	<b>18.750</b>	<b>6.250</b>
<b>T5</b>	4.500	4.500	4.500	<b>13.500</b>	<b>4.500</b>
<b>T6</b>	4.500	4.250	4.250	<b>13.000</b>	<b>4.333</b>
<b>T7 (testigo)</b>	6.000	6.000	6.000	<b>18.000</b>	<b>6.000</b>
				<b>147.000</b>	<b>7.000</b>

**Cuadro 129: Análisis de varianza de viscosidad del yogur a los veintiún días**

ADEVA						
F de V	G.L	S.C	C.M	F.C	F. tabular	
					5%	1%
<b>Total</b>	20	106.750	-			
<b>Tratamientos</b>	6	106.458	17.743	1127.883 **	2.85	4.46
<b>Factor A (% grasa)</b>	2	98.146	49.073	3119.446 **	3.74	6.51
<b>Factor C (% oligofructosa)</b>	1	3.556	3.556	226.018 **	4.60	8.86
<b>Interacción Ax C</b>	2	1.257	0.628	39.950 **	3.74	6.51
<b>Testigo vs otros</b>	1	3.500	3.500	222.486 **	4.60	8.86
<b>Error Experimental</b>	14	0.220	0.016			

CV= 1.792%

\*\* Altamente significativo

Mediante el análisis de varianza realizado para la variable viscosidad a los veintiún días de elaborado el producto se determinó que: existe alta significación estadística tanto para tratamientos, factores A y C, así como también para las interacciones A x C y testigo vs el resto de tratamientos, por lo que se procedió a realizar las respectivas pruebas de significación, es decir: Tukey para tratamientos, DMS para factores e interacciones y se procede a graficar.

**Cuadro 130: Prueba de Tukey al 5% para tratamientos de la variable viscosidad a los veintiún días**

Tratamientos	Medias	Rangos
T1	10.667	a
T2	9.583	b
T3	7.667	c
T7 (Testigo)	6.250	d
T4	6.000	d
T5	4.500	e
T6	4.333	e

Al realizar la prueba de Tukey para tratamientos se encontró la presencia de cinco rangos diferentes: (a, b, c, d, e) lo cual indica que los tratamientos actúan de forma diferente, se observa que en esta última etapa del experimento con respecto a la variable viscosidad, los tratamientos T6 (3.5% de grasa de la leche y 3% de oligofructosa) y T5 (3.5% de grasa de la leche y 2% de oligofructosa) se mantienen con las medias más bajas, mientras que el tratamiento T1 (0.5% de grasa de la leche y 2% de oligofructosa) continua presentando la media más alta de viscosidad durante la evaluación.

**Cuadro 131: Prueba de DMS al 5% para el factor A (% de grasa de la leche) de la variable viscosidad a los veintiún días**

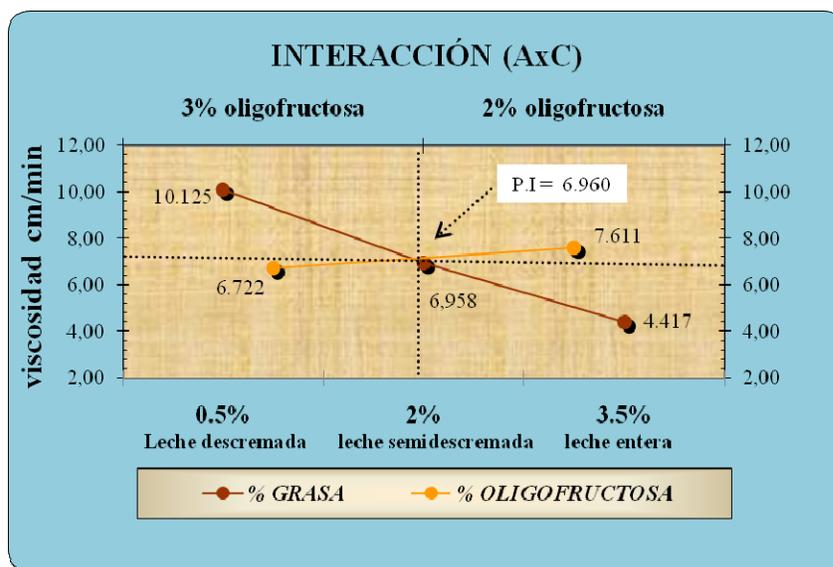
Factor A (% de grasa de la leche)	Medias	Rangos
A1	10.125	a
A2	6.958	b
A3	4.417	c

Al analizar el factor A (% de grasa de la leche) utilizando la prueba de DMS, se encontró la presencia de tres rangos (a, b, c), determinando al nivel A3 (3.5% de grasa de la leche) con un promedio de 4.42cm/min como el mejor, por su mayor aporte en materia grasa ayuda a mejorar la viscosidad.

**Cuadro 132: Prueba de DMS al 5% para el factor C (% de oligofructosa) de la variable viscosidad a los veintiún días**

<b>Factor C (% de Oligofructosa)</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>C1</b>	7.611	a
<b>C2</b>	<b>6.722</b>	<b>b</b>

Analizando el factor C (% de oligofructosa) utilizando la prueba de DMS, se encontró la presencia de dos rangos (a y b) los cuales tienen un comportamiento diferente, se determina que el nivel C2 (3% de oligofructosa) es el que mejor actúa, es decir que al adicionar mayor cantidad de oligofructosa mejora la viscosidad del producto y además de aportar con sólido totales, la fibra oligofructosa debido a su alta solubilidad tiene la característica de formar geles, mejorando la consistencia del producto, manteniéndose durante el tiempo de vida útil.



**Gráfico 46: Interacción de los factores A (% de grasa de la leche) y C (% de oligofructosa) para la variable viscosidad a los veintidós días**

En el gráfico 46 se aprecia que la viscosidad es directamente proporcional al % de grasa de la leche y al % de oligofructosa añadidos al yogur, es decir que a mayor contenido de estos ingredientes, más viscoso será el producto durante toda la etapa de almacenamiento y hasta el final de su vida útil, siendo óptimo trabajar con alrededor del 3% de oligofructosa y con leche semidescremada.

**Cuadro 133: Interacción del tratamiento testigo vs el resto para la variable viscosidad a los veintidós días**

Tratamientos	Medias	Rangos
Otros	7.167	a
T7 (Testigo)	6.000	b

En la prueba de DMS para la interacción del tratamiento testigo vs el resto de tratamientos de la variable viscosidad a los veintidós días de elaborado el producto, se detectó la presencia de dos rangos (a y b) los cuales tienen comportamientos diferentes, prevaleciendo el tratamiento testigo con una media de 6.00cm/min y es el que mejor valor de viscosidad ha presentado a lo largo de la vida útil del producto en relación con la media del resto de tratamientos.



**Gráfico 47: Comportamiento de las medias de la variable viscosidad a los veintidós días (expresado en cm/min)**

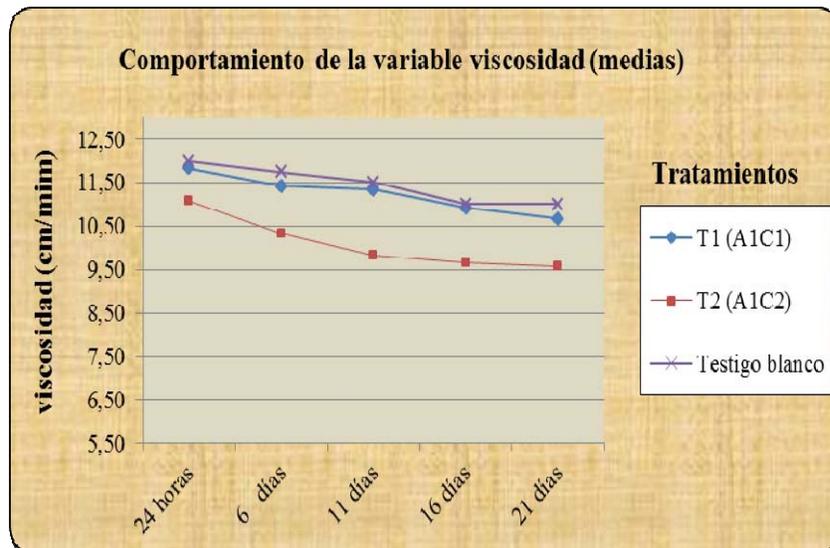
En el gráfico 47 al final de la vida útil del producto, se puede observar que los tratamientos T6 (3.5% de grasa de la leche y 3% de oligofructosa) y T5 (3.5% de grasa de la leche y 2% de oligofructosa) presentan la menor media de viscosidad y el tratamiento T1 (0.5% de grasa de la leche y 2% de oligofructosa) es el que

presenta mayor media de viscosidad, debido a su bajo contenido en grasa y fibra es el tratamiento con mayor fluidez con respecto a esta variable.

**Cuadro 134: Viscosidad del yogur elaborado con leche descremada al 0.5% de materia grasa (expresado en cm/min)**

<b>Tratamientos</b>	<b>24 horas</b>	<b>6 días</b>	<b>11 días</b>	<b>16 días</b>	<b>21 días</b>
<b>T1</b>	11.833	11.417	11.333	10.917	10.667
<b>T2</b>	11.083	10.333	9.833	9.667	9.583
<b>Testigo blanco</b>	12.000	11.750	11.500	11.000	11.000

En el cuadro se puede observar el desarrollo de la viscosidad desde las veinticuatro horas de elaborado el producto hasta los veintiún días de almacenamiento de los tratamientos T1 (0.5% de grasa de la leche y 2% de oligofructosa) y T2 (0.5% de grasa de la leche y 3% de oligofructosa), comparados frente a un testigo blanco elaborado con leche descremada al 0.5% de materia grasa.



**Gráfico 48: Comportamiento de la variable viscosidad expresado en cm/min (medias)**

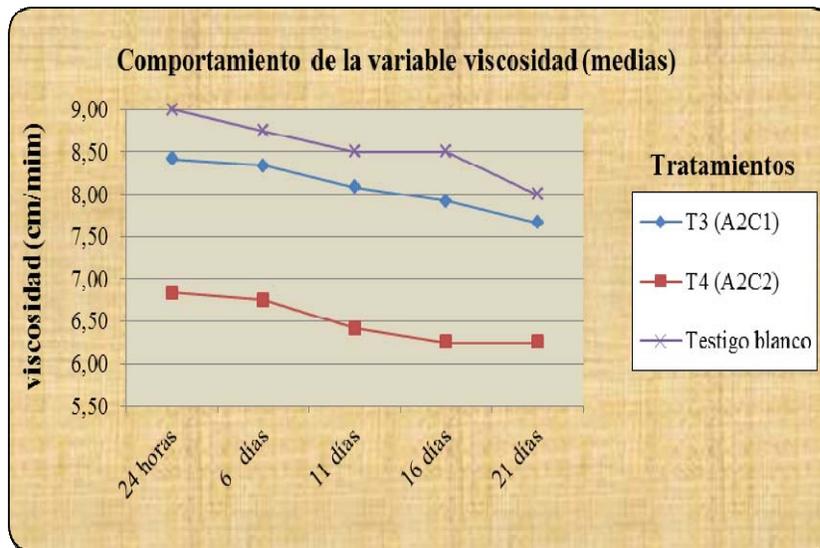
En el gráfico 48 se puede observar las diferentes curvas de viscosidad que presentan los tratamientos T1, T2 y el testigo blanco. El tratamiento T1 (0.5% de grasa de la leche y 2% de oligofructosa) desde las veinticuatro horas de elaboración hasta los veintiún días de almacenamiento presenta una variación en la viscosidad de 1.17cm/min, es decir que de 11.83cm/min bajó a 10.67cm/min durante el almacenamiento. El tratamiento T2 (0.5% de grasa de la leche y 3% de oligofructosa) desde las veinticuatro horas de elaboración hasta los veintiún días de almacenamiento presenta una variación de 1.5cm/min, es decir que de 11.08cm/min bajó a 9.58cm/min, de igual forma el testigo blanco elaborado con la misma leche pero sin la fibra oligofructosa, varió en la viscosidad un valor de 1.00cm/min. La variación presentada por los diferentes tratamientos se debe al contenido tanto de grasa como de la fibra oligofructosa, es decir que a un mayor

contenido de estos ingredientes el producto adquiere mayor consistencia por lo tanto recorre menor espacio en el viscosímetro, como se puede observar en el gráfico el tratamiento T2 es el más viscoso, mientras que el testigo blanco por su ausencia en contenido de fibra es el más fluido.

**Cuadro 135: Viscosidad del yogur elaborado con leche semidescremada al 2% de materia grasa (expresado en cm/min)**

<b>Tratamientos</b>	<b>24 horas</b>	<b>6 días</b>	<b>11 días</b>	<b>16 días</b>	<b>21 días</b>
<b>T3</b>	8.417	8.333	8.083	7.917	7.667
<b>T4</b>	6.833	6.750	6.417	6.250	6.250
<b>Testigo blanco</b>	9.000	8.750	8.500	8.500	8.000

En el presente cuadro se puede observar el desarrollo de la viscosidad desde las veinticuatro horas de elaborado el producto hasta los veintiún días de almacenamiento de los tratamientos T3 (2% de grasa de la leche y 2% de oligofruktosa) y T4 (2% de grasa de la leche y 3% de oligofruktosa), comparados frente a un testigo blanco elaborado con leche semidescremada al 2% de materia grasa.



**Gráfico 49: Comportamiento de la variable viscosidad expresado en cm/min (medias)**

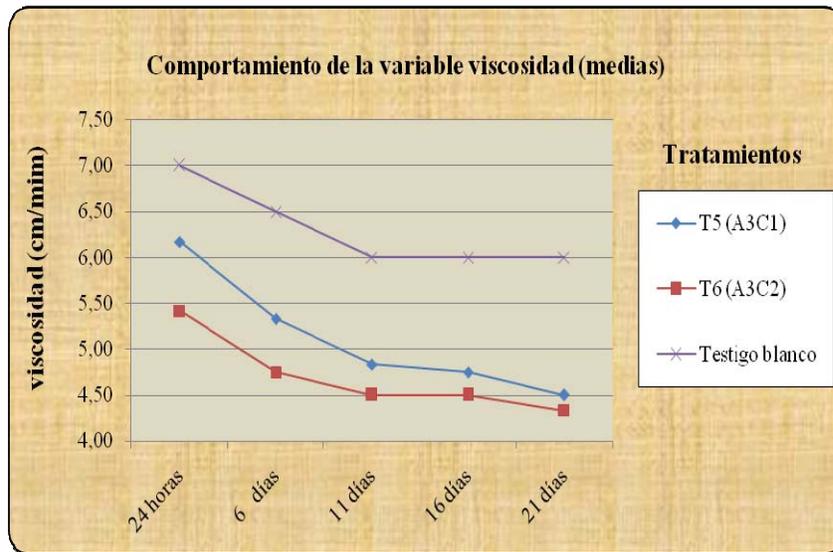
En el gráfico 49 se puede observar las curvas de viscosidad que presentan los tratamientos T3, T4 y el testigo blanco. El tratamiento T3 (2% de grasa de la leche y 2% de oligofruktosa) desde las veinticuatro horas de elaboración hasta los veintiún días de almacenamiento presenta una variación en la viscosidad de 0.75cm/min, es decir que de 8.42cm/min bajó a 7.67cm/min durante el almacenamiento. El tratamiento T2 (0.5% de grasa de la leche y 3% de oligofruktosa) desde las veinticuatro horas de elaboración hasta los veintiún días de almacenamiento presenta una variación de 0.58cm/min, es decir que de 6.83cm/min bajó a 6.25cm/min, de igual forma el testigo blanco elaborado con la misma leche pero sin la fibra oligofruktosa, varió en la viscosidad un valor de 1.00cm/min, es decir que de 9.00cm/min bajó a 8.00cm/min. En las variaciones presentadas al comparar los tratamientos elaborados con leche semidescremada se

puede observar que influye directamente la cantidad de fibra adicionada en la consistencia del producto, mientras que el testigo blanco que no contiene la fibra es el más fluido.

**Cuadro 136: Viscosidad del yogur elaborado con leche entera al 3.5% de materia grasa (expresado en cm/min)**

<b>Tratamientos</b>	<b>24 horas</b>	<b>6 días</b>	<b>11 días</b>	<b>16 días</b>	<b>21 días</b>
<b>T5</b>	6.167	5.333	4.833	4.750	4.500
<b>T6</b>	5.417	4.750	4.500	4.500	4.333
<b>Testigo blanco</b>	7.000	6.500	6.000	6.000	6.000

En el cuadro se puede observar el desarrollo de la viscosidad desde las veinticuatro horas de elaborado el producto hasta los veintiún días de almacenamiento de los tratamientos T5 (3.5% de grasa de la leche y 2% de oligofructosa) y T6 (3.5% de grasa de la leche y 3% de oligofructosa), comparados frente a un testigo blanco elaborado con leche semidescremada al 3.5% de materia grasa.



**Gráfico 50: Comportamiento de la variable viscosidad expresado en cm/min (medias)**

En el gráfico 50 se puede observar las diferentes curvas de viscosidad que presentan los tratamientos T5, T6 y el testigo blanco. El tratamiento T5 (3.5% de grasa de la leche y 2% de oligofruktosa) desde las veinticuatro horas de elaboración hasta los veintiún días de almacenamiento presenta una variación en la viscosidad de 1.67cm/min, es decir que de 6.17cm/min bajó a 4.5cm/min durante el almacenamiento. El tratamiento T6 (3.5% de grasa de la leche y 3% de oligofruktosa) desde las veinticuatro horas de elaboración hasta los veintiún días de almacenamiento presenta una variación de 1.08cm/min, es decir que de 5.40cm/min bajó a 4.33cm/min, de igual forma el testigo blanco elaborado con la misma leche pero sin la fibra oligofruktosa, varió en la viscosidad un valor de 1.00cm/min, es decir que de 7.00cm/min bajó a 6.00cm/min. La variación presentada por los diferentes tratamientos se debe al contenido tanto de grasa

como de la fibra oligofruetosa, es decir que a un mayor contenido de estos ingredientes el producto adquiere mayor consistencia por lo que su fluidez es menor, como se puede observar el gráfico el tratamiento T6, seguido por el tratamiento T5 son los que presentan mayor viscosidad, mientras que el testigo blanco por su ausencia en contenido de fibra es el más fluido.

#### 4.9 SINÉRESIS (CANTIDAD DE SUERO DESPRENDIDO EN ml) DEL PRODUCTO TERMINADO

Esta variable se midió en el producto terminado a los veintiún días de elaboración, es decir, al final de la vida útil, los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

**Cuadro 137: Sinéresis del yogur expresado en ml a los veintiún días**

Tratamientos	Repeticiones			$\Sigma t$	Media
	R1	R2	R3		
T1	52.000	52.800	54.800	159.600	53.200
T2	45.900	46.800	48.400	141.100	47.033
T3	46.000	48.000	47.000	141.000	47.000
T4	25.000	24.000	29.000	78.000	26.000
T5	5.400	6.600	3.400	15.400	5.133
T6	2.200	4.000	2.100	8.300	2.767
T7 (testigo)	27.000	28.000	28.000	83.000	27.667
				<b>626.400</b>	<b>29.829</b>

**Cuadro 138: Análisis de varianza de sinéresis del yogur a los veintidós días**

ADEVA						
F de V	G.L	S.C	C.M	F.C	F. tabular	
					5%	1%
<b>Total</b>	20	7527.403	-			
<b>Tratamientos</b>	6	7495.856	1249.309	697.355 **	2.85	4.46
<b>Factor A (% grasa)</b>	2	6752.554	3376.277	1884.613 **	3.74	6.51
<b>Factor C (% oligofruktosa)</b>	1	436.109	436.109	243.433 **	4.60	8.86
<b>Interacción Ax C</b>	2	290.834	145.417	81.171 **	3.74	6.51
<b>Testigo vs otros</b>	1	16.358	16.358	9.131 **	4.60	8.86
<b>Error Experimental</b>	14	25.081	1.791			

CV= 4.487%

\*\* Altamente significativo

Según el ADEVA realizado de sinéresis a los veintidós días de elaborado el producto, se pudo observar que existe alta significación estadística para tratamientos, factores A y C, interacción A x C y para la interacción del tratamiento testigo vs el resto de tratamientos. Y se procedió a realizar las respectivas pruebas de significación.

**Cuadro 139: Prueba de Tukey al 5% para tratamientos de la variable sinéresis a los veintidós días**

Tratamientos	Medias	Rangos
<b>T1</b>	53.200	a
<b>T2</b>	47.033	b
<b>T3</b>	47.000	b
<b>T7 (Testigo)</b>	27.667	c
<b>T4</b>	26.000	c
<b>T5</b>	5.133	d
<b>T6</b>	2.767	d

Al realizar la prueba de Tukey para tratamientos se encontró la presencia de cuatro rangos: (a, b, c, d), determinando como mejores tratamientos: T6 (3.5% de grasa de la leche y 3% de oligofruetosa) con una media de 2.77ml de suero desprendido y T5 (3.5% de grasa de la leche y 2% de oligofruetosa) con una media de 5.13ml de suero desprendido, debido al mayor porcentaje de grasa de la leche y por contener la fibra oligofruetosa, ya que estos ayudan a disminuir la presencia de sinéresis en el producto, mientras que el tratamiento T1 (0.5% de grasa de la leche y 2% de oligofruetosa) presenta mayor desprendimiento de suero en el producto con una media de 53.20ml.

**Cuadro 140: Prueba de DMS al 5% para el factor A (% de grasa de la leche) de la variable sinéresis a los veintiún días**

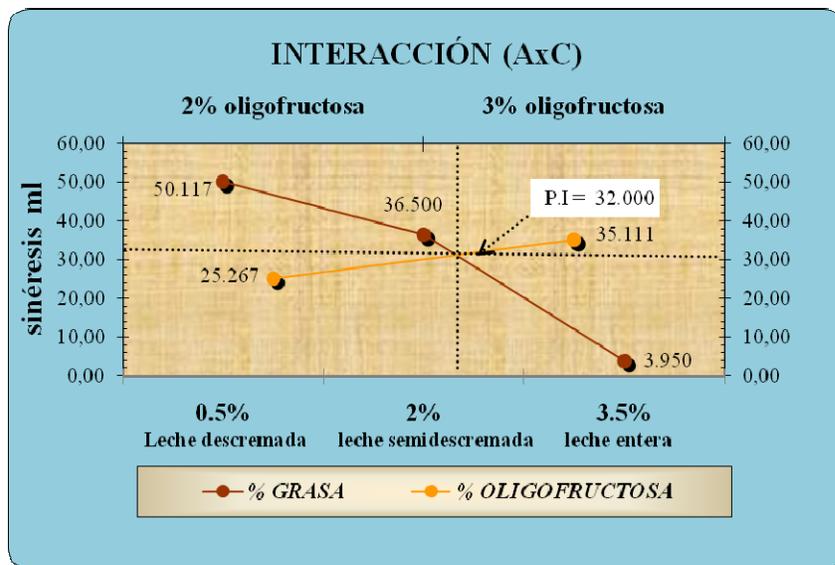
<b>Factor A (% de grasa de la leche)</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>A1</b>	50.117	a
<b>A2</b>	36.500	b
<b>A3</b>	<b>3.950</b>	<b>c</b>

Al analizar el factor A (% de grasa de la leche), aplicando la prueba de DMS se encontró la presencia de tres rangos (a, b, c), los cuales tienen un comportamiento diferente, determinándose como mejor al nivel A3 (3.5% de grasa de la leche) por presentar el promedio más bajo de suero desprendido con una media de 3.95ml, lo que significa que al adicionar mayor cantidad de materia grasa existirá menor cantidad de suero desprendido (sinéresis).

**Cuadro 141: Prueba de DMS al 5% para el factor C (% de oligofruetosa) de la variable sinéresis a los veintidós días**

Factor C (% de Oligofruetosa)	Medias	Rangos
C1	35.111	a
C2	25.267	b

Con respecto al factor C (% de oligofruetosa), al ser analizado utilizando la prueba de DMS se encontró la presencia de dos rangos (a y b), determinando al nivel C2 (3% de oligofruetosa) como el mejor, por tener el promedio más bajo de sinéresis, esto significa que a mayor cantidad de oligofruetosa adicionada se obtiene menor cantidad de suero desprendido en el yogur debido a que la fibra tiene la característica de reducir la actividad de agua.



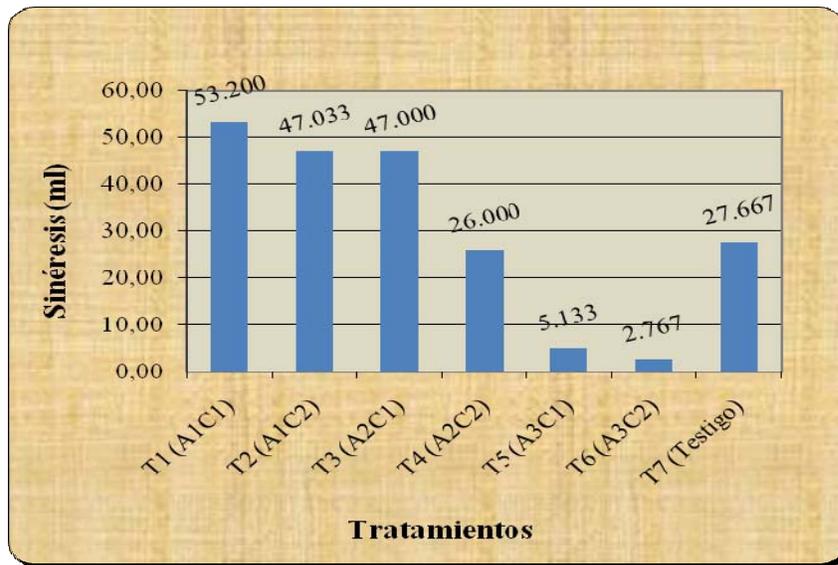
**Gráfico 51: Interacción de los factores A (% de grasa de la leche) y C (% de oligofruetosa) para la variable sinéresis a los veintidós días**

En el gráfico 51 se aprecia que la cantidad de sinéresis (suero desprendido) es inversamente proporcional al % de grasa de la leche y al % de oligofructosa añadidos al yogur, es decir que a mayor adición de estos ingredientes, menor cantidad de sinéresis se presentará en el producto durante el almacenamiento y hasta el final de la vida útil, siendo óptimo trabajar con alrededor del 3% de oligofructosa y con leche semidescremada.

**Cuadro 142: Interacción del tratamiento testigo vs el resto para la variable sinéresis a los veintiún días**

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>Otros</b>	30.189	a
<b>T7 (Testigo)</b>	<b>27.667</b>	<b>b</b>

En la prueba de DMS para la interacción del tratamiento testigo vs el resto de tratamientos de la variable sinéresis a los veintiún días de elaborado el producto, se detectó la presencia de dos rangos (a y b) los cuales tienen comportamientos diferentes, siendo el tratamiento testigo con una media de 27.67ml, el tratamiento que menor valor de desuerado presenta con respecto a la media del resto de tratamientos cuyo valor es de 30.19ml.



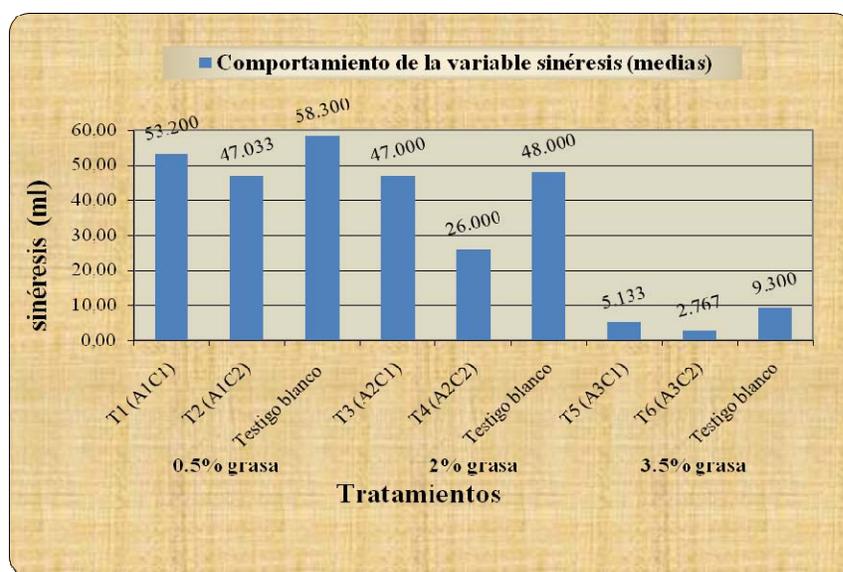
**Gráfico 52: Comportamiento de las medias de la variable sinéresis a los veintiún días (expresado en ml)**

En el gráfico 52 se puede observar que los tratamientos T6 (3.5% de grasa de la leche y 3% de oligofructosa) y T5 (3.5% de grasa de la leche y 2% de oligofructosa) presentan el promedio más bajo de desuerado con una media de 2.77ml y 5.13ml respectivamente, considerados como los mejores tratamientos, mientras que el tratamiento T1 (0.5% de grasa de la leche y 2% de oligofructosa) con una media de 53.20ml es el que mayor desuerado presenta, debido a su bajo contenido en fibra y grasa es menos estable durante el tiempo de almacenamiento.

**Cuadro 143: Sinéresis del yogur natural elaborado con tres porcentajes de materia grasa (expresado en ml)**

<b>Tratamientos con 0.5% de grasa</b>	<b>21 días</b>
T1	53.200
T2	47.033
Testigo blanco	58.300
<b>Tratamientos con 2% de grasa</b>	<b>21 días</b>
T3	47.000
T4	26.000
Testigo blanco	48.000
<b>Tratamientos con 3.5% de grasa</b>	<b>21 días</b>
T5	5.133
T6	2.767
Testigo blanco	9.300

En el cuadro se puede observar los valores de la cantidad de suero desprendido (sinéresis) de los tratamientos frente a cada uno de sus testigos blanco.



**Gráfico 53: Comportamiento de la variable sinéresis (medias) del yogur natural elaborado con tres porcentajes de materia grasa (expresado en ml)**

En el gráfico 53 se puede observar las diferentes cantidades de suero desprendido de cada tratamiento frente a sus testigos elaborados con leche al 0.5, 2 y 3.5% de MG y si la adición de la fibra oligofruetosa. En cada caso se puede observar que los tratamientos en blanco tienen mayor cantidad de sinéresis comparados con los tratamientos adicionados la fibra. Los que presentan menor cantidad de sinéresis son los tratamientos T6 y T5 por contener el mayor porcentaje de grasa y la fibra oligofruetosa.

#### 4.10 PORCENTAJE DE GRASA EN EL PRODUCTO TERMINADO

Esta variable fue analizada al segundo día de haberse elaborado el producto, los datos originales fueron sometidos a una transformación de arco seno con la finalidad de cumplir con los requisitos del análisis de varianza; los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

**Cuadro 144: Grasa en el yogur expresada en %**

Tratamientos	Repeticiones			$\sum t$	Media
	R1	R2	R3		
T1	0.500	0.550	0.500	1.550	0.517
T2	0.500	0.500	0.550	1.550	0.517
T3	2.050	2.100	2.100	6.250	2.083
T4	2.100	2.100	2.100	6.300	2.100
T5	3.500	3.550	3.600	10.650	3.550
T6	3.550	3.600	3.600	10.750	3.583
T7 (testigo)	2.050	2.100	2.050	6.200	2.067
				43.250	2.060

**Cuadro 145: Análisis de varianza del % de grasa en el yogur (con transformación arco-seno)**

<b>ADEVA</b>						
<b>F de V</b>	<b>G.L</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F.C</b>	<b>F. tabular</b>	
					<b>5%</b>	<b>1%</b>
<b>Total</b>	20	140.844	-			
<b>Tratamientos</b>	6	140.760	23.460	5983.035 **	2.85	4.46
<b>Factor A (% grasa)</b>	2	140.134	70.067	17869.262 **	3.74	6.51
<b>Factor C (% oligofruetosa)</b>	1	0.004	0.004	0.958 ns	4.60	8.86
<b>Interacción Ax C</b>	2	0.002	0.001	0.278 ns	3.74	6.51
<b>Testigo vs otros</b>	1	0.620	0.620	158.171 **	4.60	8.86
<b>Error Experimental</b>	14	0.055	0.004			

**CV= 0.798%**

\*\* Altamente significativo

ns No significativo

El ADEVA realizado para la variable porcentaje de grasa en el producto final dio como resultado: alta significación estadística para tratamientos, factor A y la interacción del tratamiento testigo con el resto de tratamientos y no existe significación estadística para la interacción A x C y el factor C.

Detectada la significación estadística se procedió a realizar las pruebas de significación correspondientes, es decir: Tukey para tratamientos y DMS para factores e interacciones.

**Cuadro 146: Prueba de Tukey al 5% para tratamientos de la variable % de grasa en el yogur (con transformación arco-seno)**

Tratamientos	Medias	Rangos
<b>T6</b>	<b>10.913</b>	<b>a</b>
<b>T5</b>	<b>10.860</b>	<b>a</b>
<b>T4</b>	8.330	b
<b>T3</b>	8.297	b
<b>T7 (Testigo)</b>	8.263	b
<b>T1</b>	4.117	c
<b>T2</b>	4.117	c

Al realizar la prueba de Tukey para tratamientos se encontró la presencia de tres rangos diferentes: (a, b y c), lo cual indica que los tratamientos actúan de forma diferente, siendo los mejores los tratamientos T6 (3.5% de grasa de la leche y 3% de oligofruktosa) y T5 (3.5% de grasa de la leche y 2% de oligofruktosa) por presentar las medias más altas de contenido de materia grasa, mientras que los tratamientos T1 (0.5% de grasa de la leche y 2% de oligofruktosa) y T2 (0.5% de grasa de la leche y 3% de oligofruktosa) se ubican en el último lugar por presentar menor contenido de materia grasa en el producto.

**Cuadro 147: Prueba de DMS al 5% para el factor A (% de grasa de la leche) de la variable % de grasa en el yogur (con transformación arco-seno)**

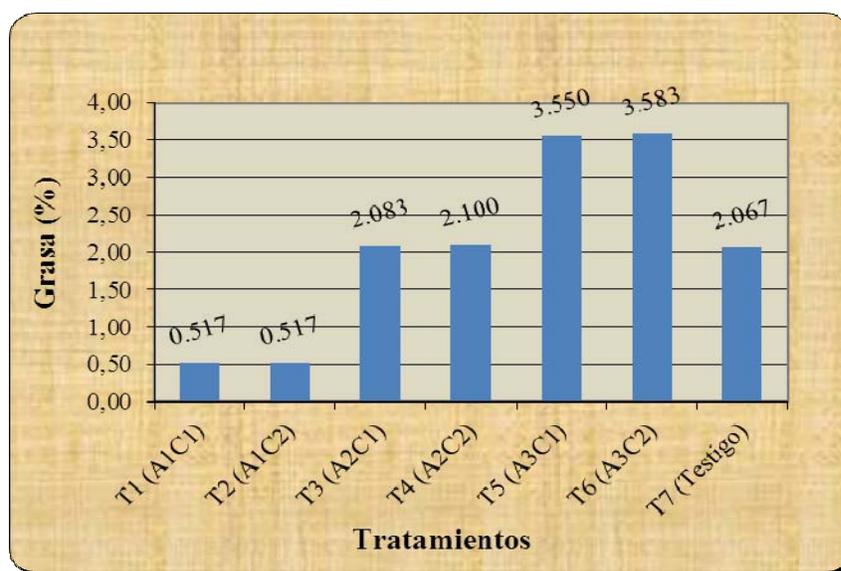
Factor A (% de grasa de la leche)	Medias	Rangos
<b>A3</b>	<b>10.887</b>	<b>a</b>
A2	8.313	b
A1	4.117	c

Al analizar el factor A (% de grasa de la leche) utilizando la prueba de DMS, se encontró la presencia de tres rangos (a, b, c) los cuales tienen un comportamiento diferente, determinado que A3 (3.5% de grasa de la leche) es el nivel que mejor actúa, ya que a mayor porcentaje de grasa de la leche mayor es el porcentaje de grasa en el yogur.

**Cuadro 148: Interacción del tratamiento testigo vs el resto para la variable % de grasa en el yogur (con transformación arco-seno)**

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T7 (Testigo)</b>	<b>8.263</b>	<b>a</b>
<b>Otros</b>	7.772	b

En la prueba de DMS para la interacción del tratamiento testigo vs el resto de tratamientos de la variable porcentaje de grasa presente en el producto, se detectó la presencia de dos rangos (a y b), los cuales tienen comportamientos diferentes, siendo la media del testigo el que mayor contenido de grasa presenta frente a la media del resto de tratamientos.



**Gráfico 54: Comportamiento de las medias de la variable % de grasa en el yogur**

En el gráfico 54 se observa que todos los tratamientos se encuentran dentro del rango de grasa establecido por la norma INEN 12, siendo los tratamientos T6 (3.5% de grasa de la leche y 3% de oligofruktosa) y T5 (3.5% de grasa de la leche y 2% de oligofruktosa) los que mayor contenido de grasa tienen y presentan mejor estabilidad con respecto a las variables antes medidas.

#### **4.11 DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE OLIGOFRUKTOSA**

El análisis de determinación del porcentaje de oligofruktosa se realizó al tercer día de elaborado el producto del mejor tratamiento. El resultado obtenido se muestra en el siguiente cuadro:

**Cuadro 149: Porcentaje de oligofructosa del mejor tratamiento de la fase experimental dos**

<b>Tratamiento</b>	<b>Porcentaje de oligofructosa</b>	<b>Método interno</b>	<b>Método de referencia</b>
<b>T6</b>	1.83%	MFQ-159	AOAC 2001.03

Al realizar la determinación del porcentaje de oligofructosa al mejor tratamiento (T6) de esta fase experimental aplicando el método interno de Multianalityca Cía. Ltda., basado en el método AOAC 2001.03, se obtuvo como resultado el 1.83% de la fibra, es decir, que mediante la aplicación de este método se puede determinar el 61% del total de la fibra adicionada (ver anexo 4).

#### **4.12 ANÁLISIS ORGANOLÉPTICOS**

Para realizar el análisis organoléptico se contó con la presencia de un panel degustador constituido por diez personas, quienes calificaron las características físicas y organolépticas del yogur natural, tales como: color, olor, sabor, consistencia y aceptabilidad (ver anexo 1).

En esta evaluación se utilizó la prueba de Friedman (los datos obtenidos se encuentran en el anexo 2) y se utilizó la siguiente ecuación matemática para la tabulación de datos:

Fórmula:

$$x^2 = \frac{12}{b \cdot t(t+1)} \sum R^2 - 3b(t+1)$$

Donde:

$$x^2 = \text{Chi-cuadrado} \quad R = \text{rangos}$$

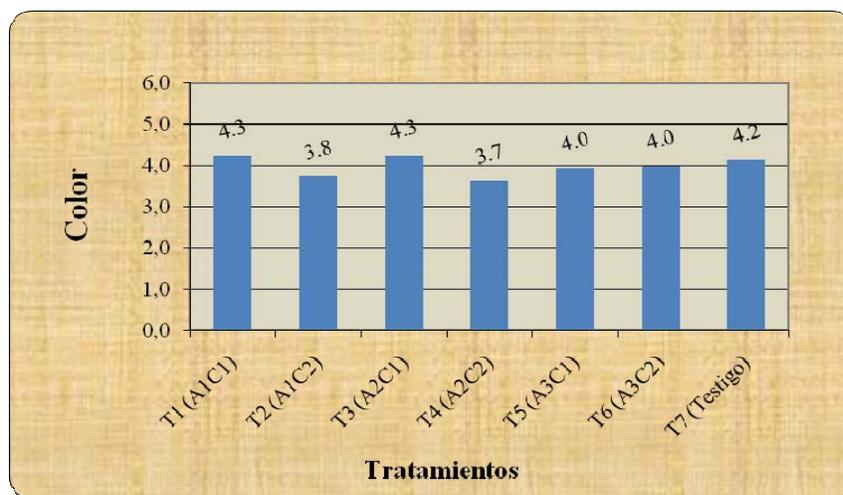
$t$  = tratamientos                       $b$  = degustadores

Los resultados obtenidos se detallan a continuación:

#### 4.12.1 Color del yogur natural adicionado oligofruktosa

**Cuadro 150: Rangos para el color**

Tratm.	CATADORES										$\sum t$	Media
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
<b>T1</b>	4.0	4.0	5.5	5.5	4.0	4.0	4.0	2.5	4.0	5.0	42.5	4.3
<b>T2</b>	4.0	4.0	2.0	7.0	4.0	4.0	4.0	2.5	4.0	2.0	37.5	3.8
<b>T3</b>	4.0	4.0	5.5	5.5	4.0	4.0	4.0	2.5	4.0	5.0	42.5	4.3
<b>T4</b>	4.0	4.0	5.5	2.5	4.0	4.0	4.0	2.5	4.0	2.0	36.5	3.7
<b>T5</b>	4.0	4.0	2.0	2.5	4.0	4.0	4.0	6.0	4.0	5.0	39.5	4.0
<b>T6</b>	4.0	4.0	5.5	2.5	4.0	4.0	4.0	6.0	4.0	2.0	40.0	4.0
<b>T7 (Testigo)</b>	4.0	4.0	2.0	2.5	4.0	4.0	4.0	6.0	4.0	7.0	41.5	4.2
<b>TOTAL</b>	<b>28.0</b>	<b>280.0</b>	<b>28.0</b>									



$$X^2 = 235.58 **$$

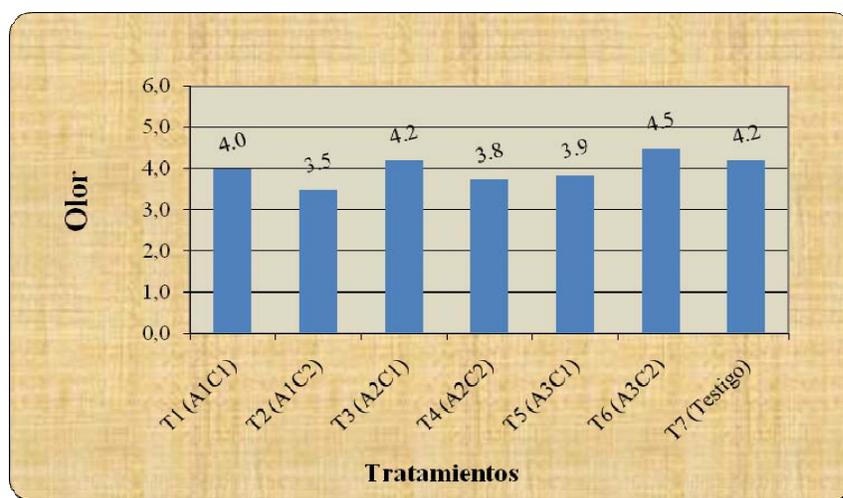
**Gráfico 55: Color del yogur natural adicionado oligofructosa**

Realizada la prueba de Friedman para el parámetro color del yogur se observa que existe alta diferencia significativa, es decir, que los tratamientos tuvieron diferente grado de aceptabilidad, siendo los mejores los tratamientos T3 (2% de grasa de la leche y 2% de oligofructosa) y T1 (0.5% de grasa de la leche y 2% de oligofructosa).

#### 4.12.2 Olor del yogur natural adicionado oligofruetosa

**Cuadro 151: Rangos para el olor**

Tratm.	CATADORES										$\sum t$	Media
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
<b>T1</b>	2.0	4.0	6.5	2.5	4.0	6.5	2.0	2.0	4.0	6.5	40.0	4.0
<b>T2</b>	2.0	4.0	3.0	5.5	4.0	4.5	2.0	2.0	4.0	4.0	35.0	3.5
<b>T3</b>	5.5	4.0	3.0	5.5	4.0	4.5	2.0	5.5	4.0	4.0	42.0	4.2
<b>T4</b>	5.5	4.0	3.0	2.5	4.0	2.0	5.5	5.5	4.0	1.5	37.5	3.8
<b>T5</b>	5.5	4.0	3.0	1.0	4.0	2.0	5.5	5.5	4.0	4.0	38.5	3.9
<b>T6</b>	5.5	4.0	3.0	5.5	4.0	6.5	5.5	5.5	4.0	1.5	45.0	4.5
<b>T7 (Testigo)</b>	2.0	4.0	6.5	5.5	4.0	2.0	5.5	2.0	4.0	6.5	42.0	4.2
<b>TOTAL</b>	<b>28.0</b>	<b>280.0</b>	<b>28.0</b>									



$$X^2 = 236.28^{**}$$

**Gráfico 56: Olor del yogur natural adicionado oligofruetosa**

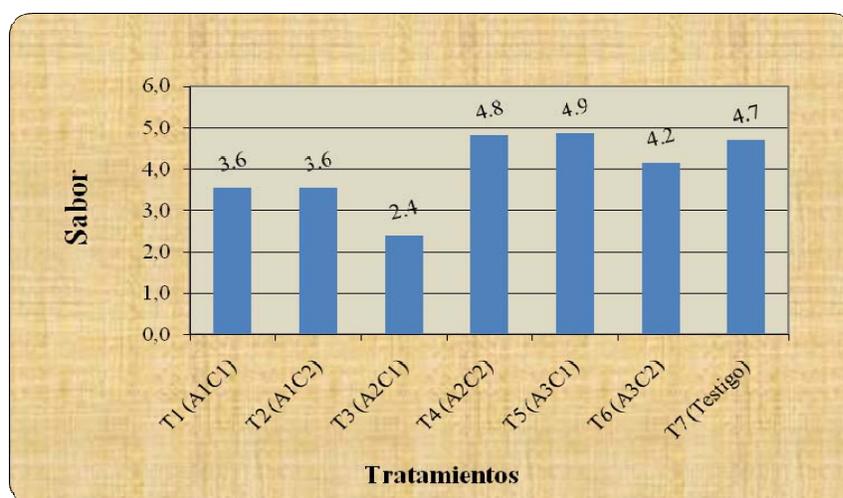
Realizada la prueba de Friedman para el parámetro olor del yogur se observa que existe alta diferencia significativa, es decir que los tratamientos tuvieron diferente grado de aceptabilidad con respecto a este parámetro, siendo el más aceptado el

tratamiento T6 (3.5% de grasa de la leche y 3% de oligofruetosa) con una media de 4.5.

#### 4.12.3 Sabor del yogur natural adicionado oligofruetosa

**Cuadro 152: Rangos para el sabor**

Tratm.	CATADORES										$\Sigma t$	Media
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
<b>T1</b>	1.5	2.0	6.5	2.5	5.5	7.0	2.0	2.5	3.5	2.5	35.5	3.6
<b>T2</b>	4.5	2.0	2.0	5.5	5.5	2.0	2.0	2.5	3.5	6.0	35.5	3.6
<b>T3</b>	4.5	2.0	2.0	1.0	2.0	2.0	2.0	2.5	3.5	2.5	24.0	2.4
<b>T4</b>	7.0	5.5	2.0	5.5	2.0	5.0	5.5	6.0	3.5	6.0	48.0	4.8
<b>T5</b>	4.5	5.5	4.5	2.5	5.5	5.0	5.5	6.0	3.5	6.0	48.5	4.9
<b>T6</b>	4.5	5.5	4.5	5.5	2.0	2.0	5.5	6.0	3.5	2.5	41.5	4.2
<b>T7 (Testigo)</b>	1.5	5.5	6.5	5.5	5.5	5.0	5.5	2.5	7.0	2.5	47.0	4.7
<b>TOTAL</b>	<b>28.0</b>	<b>280.0</b>	<b>28.0</b>									



$$X^2 = 245.23^{**}$$

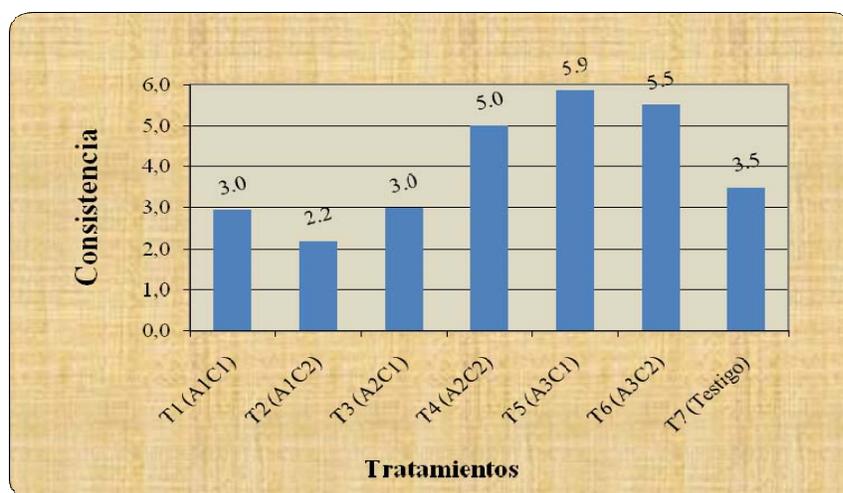
**Gráfico 57: Sabor del yogur natural adicionado oligofruetosa**

Luego de realizada la prueba de Friedman para el parámetro sabor se observa que existe alta diferencia significativa lo cual indica que los tratamientos tuvieron diferente grado de aceptabilidad, siendo el más aceptado el tratamiento T5 (3.5% de grasa de la leche y 2% de oligofructosa) con una media de 4.9.

#### 4.12.4 Consistencia del yogur natural adicionado oligofructosa

**Cuadro 153: Rangos para la consistencia**

Tratm.	CATADORES										$\Sigma t$	Media
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
<b>T1</b>	2.5	2.0	6.0	2.5	2.0	3.5	2.5	2.5	2.5	3.5	29.5	3.0
<b>T2</b>	2.5	2.0	3.0	2.5	2.0	1.5	2.5	2.5	2.5	1.0	22.0	2.2
<b>T3</b>	2.5	2.0	3.0	5.0	2.0	1.5	2.5	2.5	2.5	6.5	30.0	3.0
<b>T4</b>	6.0	4.5	1.0	2.5	5.0	7.0	6.0	6.0	5.5	6.5	50.0	5.0
<b>T5</b>	6.0	6.5	6.0	6.5	7.0	5.5	6.0	6.0	5.5	3.5	58.5	5.9
<b>T6</b>	6.0	6.5	3.0	6.5	5.0	5.5	6.0	6.0	7.0	3.5	55.0	5.5
<b>T7 (Testigo)</b>	2.5	4.5	6.0	2.5	5.0	3.5	2.5	2.5	2.5	3.5	35.0	3.5
<b>TOTAL</b>	<b>28.0</b>	<b>280.0</b>	<b>28.0</b>									



$$X^2 = 261.14 **$$

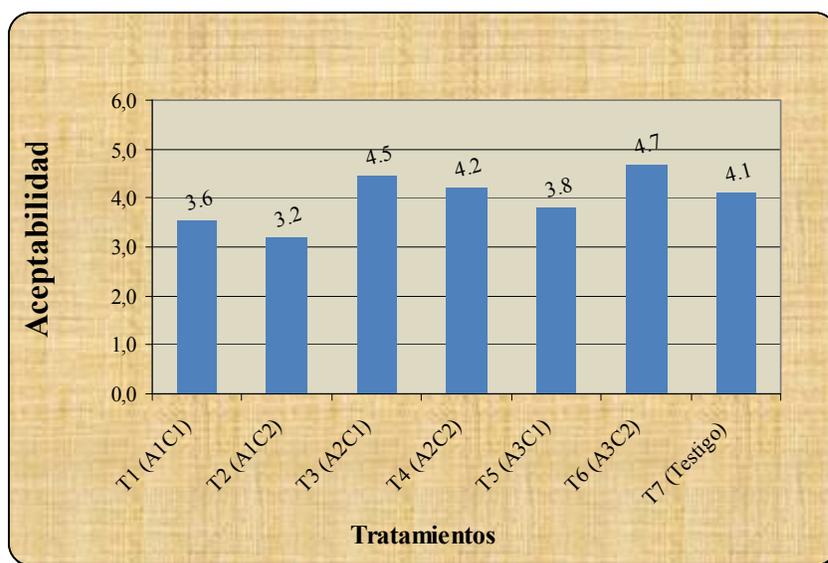
**Gráfico 58: Consistencia del yogur natural adicionado oligofructosa**

Luego de realizada la prueba de Friedman para el parámetro consistencia del producto se observa que existe alta diferencia significativa, lo cual indica que los tratamientos tuvieron diferente grado de aceptabilidad, siendo el mejor el tratamiento T5 (3.5% de grasa de la leche y 2% de oligofructosa) con una media de 5.9 y continua el tratamiento T6 (3.5% de grasa de la leche y 3% de oligofructosa) con una media de 5.5

#### 4.12.5 Aceptabilidad del yogur natural adicionado oligofructosa

**Cuadro 154: Rangos para la aceptabilidad**

Tratm.	CATADORES										$\sum t$	Media
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
<b>T1</b>	1.5	2.5	3.5	1.5	6.0	4.5	2.0	5.0	3.0	6.0	35.5	3.6
<b>T2</b>	6.5	2.5	1.0	5.0	2.5	2.0	2.0	5.0	3.0	2.5	32.0	3.2
<b>T3</b>	6.5	2.5	6.5	1.5	2.5	6.5	4.5	5.0	3.0	6.0	44.5	4.5
<b>T4</b>	4.0	2.5	6.5	5.0	2.5	6.5	4.5	2.0	6.0	2.5	42.0	4.2
<b>T5</b>	1.5	6.0	3.5	5.0	6.0	2.0	6.5	2.0	3.0	2.5	38.0	3.8
<b>T6</b>	4.0	6.0	3.5	5.0	2.5	4.5	6.5	2.0	7.0	6.0	47.0	4.7
<b>T7 (Testigo)</b>	4.0	6.0	3.5	5.0	6.0	2.0	2.0	7.0	3.0	2.5	41.0	4.1
<b>TOTAL</b>	<b>28.0</b>	<b>280.0</b>	<b>28.0</b>									



$\chi^2 = 238.34^{**}$

**Gráfico 59: Aceptabilidad del yogur natural adicionado oligofructosa**

Realizada la prueba de Friedman para el parámetro aceptabilidad del producto se observa que existe alta diferencia significativa, es decir que los tratamientos son diferente, siendo el más aceptado el tratamiento T6 (3.5% de grasa de la leche y 3% de oligofructosa) con una media de 4.7 y continua el tratamiento T3 (2% de grasa de la leche y 2% de oligofructosa) con una media de 4.5.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES**

Luego de haber terminado el presente trabajo de investigación, para las conclusiones de la fase experimental uno, se realizó una comparación con testigos en blanco (yogur natural sin la adición de la fibra prebiótica inulina, elaborados con el 0.5, 2.0 y 3.5% de materia grasa), los cuales no fueron necesarios incluirlos en el diseño experimental, resaltando las siguientes conclusiones:

- En el análisis de determinación del porcentaje de inulina al mejor tratamiento (T6), se obtuvo como resultado el 1.52% de la fibra, es decir, que mediante la aplicación del método MFQ-158 (desarrollado por Multianalityca Cía. Ltda.) se pudo determinar el 50,6% del total de la fibra adicionada como inulina.
  
- Todos los tratamientos presentaron un ligero incremento en el desarrollo de la acidez con respecto a los testigos blanco. El testigo blanco (yogur elaborado con leche entera 3.5% de grasa) presentó la menor media de acidez debido a que no contiene la fibra prebiótica inulina, seguido por los

tratamientos T5 y T6, ya que los microorganismos propios del yogur pueden consumir una pequeña cantidad de la fibra inulina, incrementando así su actividad metabólica y elevar un poco la acidez del yogur.

- Todos los tratamientos presentaron mejor viscosidad con respecto a los testigos en blanco. Los tratamientos T6 y T5 presentaron las menores medias de viscosidad en el análisis físico, debido al mayor porcentaje de grasa y por contener la fibra inulina, ya que la inulina tiene la capacidad de mejorar la textura o cuerpo del producto brindando una consistencia cremoso-viscosa.
- En la variable sinéresis, todos los tratamientos presentaron menor cantidad de desprendimiento de suero con respecto a los testigos en blanco. Los tratamientos T6 y T5 presentaron las menores medias de sinéresis en el análisis físico, debido al mayor porcentaje de grasa y por contener la fibra inulina, ya que la inulina actúa como agente espesante, retiene el agua y estabiliza geles.
- Se detectaron diferencias significativas para todos los tratamientos en el análisis de grasa, debido a que el yogur natural se elaboró con tres tipos de leche, leche entera con 3.5% de grasa, semidescremada con 2% de grasa, descremada con 0.5% de grasa, obteniendo los mejores resultados con la leche que tiene el mayor porcentaje de grasa.

- Se detectaron diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos en el análisis sensorial para los atributos de color, olor, sabor, consistencia y aceptabilidad, siendo el tratamiento T6 el de mejor aceptabilidad por los panelistas seguido por el T5, ya que estos contiene mayor cantidad de grasa y la fibra inulina lo que le confiere al producto mejor palatabilidad.

Para las conclusiones de la fase experimental dos, se realizó una comparación con testigos en blanco (yogur natural sin la adición de la fibra prebiótica oligofruetosa, elaborados con el 0.5, 2.0 y 3.5% de materia grasa), los cuales no fueron necesarios incluirlos en el diseño experimental, resaltando las siguientes conclusiones:

- En el análisis de determinación del porcentaje de oligofruetosa al mejor tratamiento (T6), se obtuvo como resultado el 1.83% de la fibra, es decir, que mediante la aplicación del método MFQ-159 (desarrollado por Multianalityca Cía. Ltda.), se pudo determinar el 61% del total de la fibra adicionada como oligofruetosa.
- Para la variable acidez, todos los tratamientos presentaron aumento en la acidez con respecto a los testigos en blanco, excepto el tratamiento T1 frente a su testigo. Con respecto al resto de tratamientos, el testigo blanco (yogur elaborado con leche entera 3.5% de grasa) presentó la menor media de acidez debido a que no contiene la fibra prebiótica oligofruetosa,

seguido por los tratamientos T5 y T6, ya que los microorganismos propios del yogur pueden consumir una pequeña cantidad de la fibra oligofruetosa, incrementando así su actividad metabólica y elevar la acidez.

- En los análisis de viscosidad del yogur natural elaborado con la fibra prebiótica oligofruetosa, todos los tratamientos presentaron mejor viscosidad con respecto a los testigos en blanco. Los tratamientos T6 y T5 presentaron las menores medias de viscosidad en el análisis físico, debido al mayor porcentaje de grasa y por contener la fibra oligofruetosa, ya que la oligofruetosa tiene la capacidad de formar geles contribuyendo a la estabilidad del producto.
- Para la variable sinéresis todos los tratamientos presentaron menor cantidad de desprendimiento de suero con respecto a los testigos en blanco, el mejor tratamiento es el T6 con una media de 2.77ml a los veintidós días de almacenamiento, esto se debe al mayor porcentaje de grasa y por contener la fibra oligofruetosa, ya que la oligofruetosa tiene la propiedad de reducir la actividad de agua y actuar como agente gelificante, por esta razón al añadirse el 3% de oligofruetosa, se evitará en mayor proporción la sinéresis, factor de rechazo del producto.
- Con respecto al porcentaje de grasa del yogur se obtuvo como mejor tratamiento el T6 seguido por el tratamiento T5, siendo el mayor porcentaje de grasa de la leche lo que ha contribuido a mejorar las

características fisicoquímicas del yogur como mejorar la viscosidad y evitar en mayor medida la presencia de sinéresis otorgándole mejor consistencia al producto.

- En el análisis organoléptico existió diferencia altamente significativa entre tratamientos, el tratamiento T6 (3.5% de grasa de la leche y 3% de oligofruktosa) fue el de mejor aceptabilidad, ya que la materia grasa ayuda a mejorar la palatabilidad y la oligofruktosa por sus características contribuye a mejorar la textura y consistencia del producto, además tiene un sabor moderadamente dulce (aporta con el 30% del dulzor de la sacarosa) otorgándole al producto un sabor agradable.
- El tratamiento T7 (testigo) que contiene la mezcla de inulina y oligofruktosa presentó un comportamiento similar al resto de tratamientos, tanto en la fase experimental uno como en la fase experimental dos.

Con los resultados antes indicados, se confirma positivamente la hipótesis formulada: “La adición de inulina y oligofruktosa influyen en las características físico-químicas y sensoriales del yogur”.



## **CAPÍTULO VI**

### **RECOMENDACIONES**

- Difundir la presente investigación a las pequeñas industrias lácteas, con la finalidad de innovar un producto tradicional como el yogur en un producto lácteo funcional con el uso las fibras prebióticas inulina y oligofructosa, a través de los medios de comunicación de la Universidad Técnica del Norte.
  
- Utilizar estabilizante para la elaboración de yogur natural adicionado las fibras prebióticas con la finalidad de evitar la presencia de sinéresis.
  
- Realizar investigaciones utilizando las fibras prebióticas inulina y oligofructosa con edulcorantes para elaborar yogur tipo light.
  
- Se recomienda el uso de las fibras prebióticas inulina y oligofructosa en otros tipos de alimentos, por sus beneficios tecnológicos como la alta solubilidad, capacidad de mejorar el sabor y la textura de los alimentos y además, el consumo regular ayuda a las funciones biológicas del organismo humano.

- Para la evaluación sensorial de productos alimenticios, se recomienda entrenar y formar un panel de degustación con la finalidad de que el personal adquiriera el refinamiento del paladar para ser buenos catadores.

## **CAPÍTULO VII**

### **RESUMEN**

Los prebióticos son carbohidratos (fibras no digeribles) que están presentes en muchos vegetales, frutas y cereales en pequeñas cantidades, cuya ingesta habitual en el ser humano estimula el crecimiento de la flora gastrointestinal constituida por bífido-bacterias y lactobacilos, promoviendo la evacuación intestinal con regularidad, ayudando a disminuir el riesgo de padecer enfermedades a nivel del colon. Los prebióticos que más se utilizan en la industria alimenticia son la inulina y la oligofructosa por su alta solubilidad y capacidad de mejorar la textura y sabor de los alimentos.

La presente investigación propone la “Evaluación de los prebióticos: inulina y oligofructosa adicionados en la elaboración de yogur natural como alimento funcional”, se investigó en el yogur por ser un producto que en la actualidad es de mayor consumo en la población.

El estudio fue realizado en la empresa de productos lácteos San Luis de la ciudad de Cayambe, se evaluó la influencia de la inulina y oligofructosa en las características físico-químicas y la calidad sensorial del producto, así como determinar el porcentaje de las fibras prebióticas del mejor tratamiento.

En el análisis estadístico se dividió a la investigación en dos fases experimentales y se utilizó un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial  $A \times B + 1$ . En la fase uno los factores en estudio fueron: factor A: porcentaje de grasa de la leche y factor B: porcentaje de inulina. En la fase dos los factores en

estudio fueron: factor A: porcentaje de grasa de la leche y factor C: porcentaje de oligofructosa.

Cada fase experimental estuvo constituida por siete tratamientos con tres repeticiones, la unidad experimental fue de dos litros de yogur. Se realizó el análisis funcional Tukey al 5% para tratamientos y DMS al 5% para factores e interacciones.

Para el análisis del porcentaje de inulina al mejor tratamiento (T6), se obtuvo como resultado el 1.52% de la fibra, y en el análisis del porcentaje de oligofructosa al mejor tratamiento (T6), se obtuvo como resultado el 1.83% de la fibra.

En los análisis físico-químicos realizados al yogur natural con inulina y oligofructosa se pudo determinar que los mejores tratamientos tanto en acidez, viscosidad y sinéresis fueron T6 y T5. Con respecto al análisis organoléptico tuvo mejor aceptación el tratamiento T6 tanto para el yogur natural elaborado con inulina como para el yogur natural elaborado con oligofructosa.

La adición de inulina y oligofructosa ayudan a mejorar las características físico-químicas y sensoriales del yogur, por lo que se recomienda la utilización de estas fibras prebióticas en alimentos, ya que no eleva en forma desmedida los costos de producción si se toma en cuenta sus beneficios y es necesario difundir a los pequeños productores lácteos a través de los medios de comunicación de la Universidad Técnica del Norte.

## **CAPÍTULO VIII**

### **SUMMARY**

Pre-biotics are carbohydrates (not digestive fiber) which are in many vegetables, fruits and cereals in small quantities. Its habitual ingestion in human being stimulates the gastrointestinal flora growing. This flora is formed by bifid bacteria's and lactobacillus, promoting the intestinal evacuation regularly. It helps to reduce the risk of acquiring colon's illness. The most used pre-biotics in food industry are inulina and oligofruktosa. Their high solubility and performance improves food texture and taste.

This research proposal is "Evaluating the pre-biotics inulina and oligofruktosa added in the elaboration of natural yogurt as functional food". Yogurt was subject to research for being a product more consumed nowadays by population in general.

This study was made at the dairy products factory San Luis at Cayambe City, where it was evaluated: the inulina and oligofruktosa in its physico-chemical characteristics and the sensorial quality of the product, and also determined the percentage of the pre-biotics fiber under the best treatment.

In order to complete this statistics analysis we have divided the investigation into two parts and used an at random design of the factorial  $A \times B + 1$ . In part one the factors are: A) percentage of batter milk, and factor B) percentage of inulina. In part two the factors are: A) percentage of batter milk, and factor C) a percentage of oligofruktosa.

Each experimental face was formed by seven treatments with three repetitions; each experimental unit completed two liters of yogurt. Also the Tukey functional analysis was completed at 5% for treatments and DMS at 5% for interaction and factors.

In the analysis of percentage of inulina to the best treatment (T6), the percentage obtained was 1.52% of fiber. And in the analysis of percentage of oligofruktosa to the best treatment (T6) the percentage obtained was 1.83% of fiber.

In the physico-chemical analysis made at natural yogurt with inulina and oligofruktosa, we found that the best treatments, as in acidity, viscosity as sineresis were T6 and T5. In the organoleptic analysis, the result had better acceptance in the treatment T6 as well in the natural yogurt made with inulina as in the natural yogurt made with oligofruktosa.

Addition of inulina y oligofruktosa helps to improve the physico-chemical and sensorial characteristics of yogurt. That's why we recommend the use of these pre-biotics fibers in food. Because it doesn't elevate excessively the production costs, if we take into account its benefits, and should diffuse to small dairy producers between media of Universidad Técnica del Norte.

## CAPÍTULO IX

### BIBLIOGRAFÍA

- AR.ANSWER. s.f. Disponible: <http://ar.answers.yahoo.com/question/index?qid=20080115081910AaiYNyU>. (Consulta: 2010, enero 20).
- BARRETO, L.; SANTIANA, E. 2002. “Evaluación de ingredientes funcionales en la calidad de yogurt”, en el cantón de Azaya. Tesis Ing. Agroindustrial, Ibarra, Ec., Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. 103 p.
- BONET, B.; JUAREZ, M.; MORENO, B. *et.al.* (y otros). s.f. Libro blanco de los lácteos (libro en línea). Disponible: <http://www.fenil.org/lacteosinsustituibles/LibroBlanco.pdf>. (Consulta: 2010, enero 20).
- CELI, H. s.f. Cáncer de colon. Disponible: [http://saludvital.ec/index.php?option=com\\_content&view=article&id=45:cancer-de-colon&catid=1:actualidad&Itemid=6](http://saludvital.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=45:cancer-de-colon&catid=1:actualidad&Itemid=6). (Consulta: 2010, octubre 04).
- CHICORY ROOT. s.f. Disponible: <http://www.beneo-orafti.com/Our-Products/Food-Regulation>. (Consulta: 2010, enero 20).
- DUBACH, J. 1988. El “ABC” para la quesería rural de los Andes. 2da. ed. Quito, Ec., 94 p.
- EL MERCADO del yogur está en auge. 2009. El Comercio, Quito (Ec.); s.f. Disponible: [http://issuu.com/hoydigital/docs/diario\\_hoy\\_13\\_septiembre\\_08](http://issuu.com/hoydigital/docs/diario_hoy_13_septiembre_08). (Consulta: 2010, octubre 04).
- ESTIMULACIÓN DE tu flora intestinal beneficiosa. s.f. Disponible: <http://www.beneo.com/es-CR/estimulacion-de-tu-flora-intestinal-beneficiosa>. (Consulta: 2010, enero 20).
- ESTUDIOS AVALAN cura contra cáncer de colon. 2008. Hoy, Quito (Ec.); Sep. 13:6B. Disponible:

[http://issuu.com/hoydigital/docs/diario\\_hoy\\_13\\_septiembre\\_08](http://issuu.com/hoydigital/docs/diario_hoy_13_septiembre_08). (Consulta: 2010, octubre 04).

EXPERTOS CIENTÍFICOS. s.f. Disponible: <http://www.beneo.com/es-CR/expertos-cientificos>. (Consulta: 2010, enero 20).

FUNCIONAMIENTO INTESTINAL óptimo. s.f. Disponible: <http://www.beneo.com/es-CR/funcionamiento-intestinal-optimo>. (Consulta: 2010, enero 20).

GERDES, S. 2007. Sinergia Simbiótica de prebióticos y probióticos. Mundo lácteo y cárnico (México) (Revista en línea). Disponible: [http://www.alimentariaonline.com/apadmin/img/upload/MLC016\\_SINPREPRO\\_F.pdf](http://www.alimentariaonline.com/apadmin/img/upload/MLC016_SINPREPRO_F.pdf). (Consulta: 2009, noviembre 12).

INSTITUTO NACIONAL ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (Ec.) 1973. Norma INEN 12. Leche. Determinación del contenido de grasa. Quito. Ec. 9 p.

INSTITUTO NACIONAL ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (Ec.) 1983. Norma INEN 13. Leche. Determinación de la acidez titulable. Quito. Ec. 4 p.

INSTITUTO NACIONAL ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (Ec.) 2006. Norma INEN 2395. Leches fermentadas. Requisitos. Quito. Ec. 6 p.

LLANGARI, P. 1991. Tecnología para la elaboración de productos lácteos. Quito, Ec., Manual No14, 28 p.

MADRIGAL, L.; SANGRONIS, E. 2007. La inulina y sus derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. Archivos Latinoamericanos de Nutrición (Venezuela) (Revista en línea) n°. 4. Disponible: [http://www.alanrevista.org/ediciones/20074/la\\_inulina\\_derivados\\_ingredientes\\_claves\\_alimentos\\_funcionales.asp](http://www.alanrevista.org/ediciones/20074/la_inulina_derivados_ingredientes_claves_alimentos_funcionales.asp). (Consulta: 2009, diciembre 15).

MEYER, M. 2006. Elaboración de productos lácteos. Ed. por Trillas. México, Mx., 124 p.

PULSO PUBLICIDAD. (Ec.) 2010. Guía de proveedores, insumos y servicios del sector alimenticio y bebidas del Ecuador, Alimentaryá 2010. Quito. Ec. 63 p.

SOLIS, A. 2008. Inulina: Un prebiótico natural. Mundo alimentario (México) (Revista en línea). Disponible: [http://www.alimentariaonline.com/apadmin/img/upload/MA023\\_inulina.pdf](http://www.alimentariaonline.com/apadmin/img/upload/MA023_inulina.pdf). (Consulta: 2010, octubre 04).

SPEER, E. 1975. Lactología Industrial. Ed. por Acribia. Zaragoza, Es., 450 p.

TETRA PACK IBERIA S A. 1996. Manual de Industrias Lácteas. Ed. por  
Irangra. Madrid, Es., 436 p.



## **CAPÍTULO X**

### **ANEXOS**

#### **ANEXOS 1: HOJA DE ENCUESTA**

#### **GUÍA INSTRUCTIVA PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL Y ACEPTABILIDAD DEL “YOGUR NATURAL ADICIONADO INULINA Y OLIGOFRUCTOSA”**

La evaluación sensorial es una disciplina usada para medir, analizar e interpretar las características de los alimentos que son percibidas por los órganos de los sentidos: vista, oído, olfato, gusto y tacto. Es una valiosa técnica para resolver problemas de aceptabilidad de los productos.

#### **INSTRUCCIONES.-**

- 1.- Evalúe las MUESTRAS DE YOGUR NATURAL de izquierda a derecha y califique con una (X) de acuerdo a las alternativas propuestas
- 2.- Se recomienda no hablar durante la degustación, si tiene alguna duda por favor pregunte al capacitador

3.- Antes de empezar la degustación y luego de evaluar cada muestra, realizar la limpieza del paladar con agua

### **CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS**

**COLOR:** Se evaluará de acuerdo a la impresión visual, tomando en cuenta el color característico del yogur natural.

**OLOR:** El olor debe ser característico (lácteo ácido), sin olor desagradable (olor a levadura, a cocido o extraño).

**SABOR:** El yogur natural debe tener un sabor (lácteo ácido), agradable al paladar.

**CONSISTENCIA:** El yogur natural debe tener una consistencia cremosa-viscosa y no presentar grumos en su estructura.

**ACEPTABILIDAD:** En esta característica actuará el sentido del gusto de acuerdo a su preferencia, es la aceptación o rechazo en la escala establecida.

## EVALUACION SENSORIAL DE YOGUR NATURAL

DEGUSTADOR: ..... FECHA:.....

PARAMETROS	ALTERNATIVAS	MUESTRAS						
		123	124	125	126	127	128	129
COLOR	BLANCO							
	BLANCO-CREMA							
	CREMA							
	CREMA OSCURO							
OLOR	LIGERAMENTE PERCEPTIBLE (lácteo ácido)							
	NORMAL CARACTERISTICO (lácteo ácido)							
	MUY BUENO CARACTERISTICO (lácteo ácido)							
	DESAGRADABLE (olor a levadura, a cocido o extraño)							
SABOR	LIGERAMENTE PERCEPTIBLE (lácteo ácido)							
	NORMAL CARACTERISTICO (lácteo ácido)							
	MUY BUENO CARACTERISTICO (lácteo ácido)							
	DESAGRADABLE (sabor amargo, rancio, podrido, metálico, demasiado ácido)							
CONSISTENCIA	LIGERAMENTE (cremoso - viscoso)							
	NORMAL CARACTERISTICO (cremoso - viscoso)							
	MUY BUENO CARACTERISTICO (cremoso - viscoso)							
	PASTOSO							
ACEPTABILIDAD	GUSTA POCO							
	NEUTRO							
	GUSTA MUCHO							
	NO GUSTA							

**ANEXO 2: RESULTADOS OBTENIDOS DE LA PRUEBA DE DEGUSTACIÓN PARA EL YOGUR NATURAL ADICIONADO INULINA**

**Color**

Tratamientos	CATADORES									
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
<b>T1</b>	2	3	1	1	2	2	2	2	2	1
<b>T2</b>	2	3	1	2	2	2	2	3	3	1
<b>T3</b>	2	3	2	2	2	2	2	3	2	1
<b>T4</b>	2	3	2	3	3	2	2	3	3	2
<b>T5</b>	2	3	2	1	2	2	2	3	3	2
<b>T6</b>	2	3	2	3	2	2	2	3	2	2
<b>T7 (Testigo)</b>	2	3	1	2	2	2	2	2	3	2

**Olor**

Tratamientos	CATADORES									
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
<b>T1</b>	1	1	2	2	1	1	1	2	2	1
<b>T2</b>	2	1	1	1	1	1	1	3	2	2
<b>T3</b>	2	1	1	1	1	2	2	3	2	1
<b>T4</b>	2	1	2	3	1	2	1	3	2	2
<b>T5</b>	2	1	2	3	1	2	2	2	2	1
<b>T6</b>	2	1	2	1	1	2	2	2	2	1
<b>T7 (Testigo)</b>	1	1	1	3	1	2	2	1	2	1

### Sabor

Tratamientos	CATADORES									
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
T1	2	1	2	2	1	2	2	2	3	2
T2	3	1	3	3	1	1	1	2	3	3
T3	2	2	2	2	1	4	2	2	3	2
T4	4	2	2	2	2	2	2	2	3	3
T5	2	2	1	3	3	2	1	3	3	3
T6	1	3	3	2	2	2	2	3	3	3
T7 (Testigo)	2	3	3	1	1	2	1	2	3	4

### Consistencia

Tratamientos	CATADORES									
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
T1	1	3	2	1	1	1	2	1	2	1
T2	1	2	3	1	2	2	1	1	2	3
T3	2	1	1	3	1	2	2	2	2	1
T4	3	3	3	2	2	2	3	2	2	3
T5	3	3	4	1	3	2	3	2	2	2
T6	3	3	4	3	2	4	3	1	2	2
T7 (Testigo)	1	1	2	4	1	2	1	2	2	2

### Aceptabilidad

Tratamientos	CATADORES									
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
T1	1	1	1	2	1	2	1	2	1	2
T2	3	1	3	1	1	1	1	2	1	2
T3	3	3	1	2	3	1	3	2	1	1
T4	3	3	1	3	1	3	3	2	1	1
T5	3	3	2	2	2	3	1	2	2	2
T6	3	2	4	2	2	4	2	2	2	2
T7 (Testigo)	1	3	3	3	1	3	1	2	2	1

**RESULTADOS OBTENIDOS DE LA PRUEBA DE DEGUSTACIÓN PARA  
EL YOGUR NATURAL ADICIONADO OLIGOFRUCTOSA**

**Color**

Tratamientos	CATADORES									
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
T1	2	3	2	2	2	2	2	2	3	2
T2	2	3	1	3	2	2	2	2	3	1
T3	2	3	2	2	2	2	2	2	3	2
T4	2	3	2	1	2	2	2	2	3	1
T5	2	3	1	1	2	2	2	3	3	2
T6	2	3	2	1	2	2	2	3	3	1
T7 (Testigo)	2	3	1	1	2	2	2	3	3	3

**Olor**

Tratamientos	CATADORES									
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
T1	1	1	3	2	1	3	1	2	2	3
T2	1	1	1	3	1	2	1	2	2	2
T3	2	1	1	3	1	2	1	3	2	2
T4	2	1	1	2	1	1	2	3	2	1
T5	2	1	1	1	1	1	2	3	2	2
T6	2	1	1	3	1	3	2	3	2	1
T7 (Testigo)	1	1	3	3	1	1	2	2	2	3

**Sabor**

Tratamientos	CATADORES									
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
T1	1	1	3	2	3	3	1	2	2	2
T2	2	1	1	3	3	1	1	2	2	3
T3	2	1	1	1	2	1	1	2	2	2
T4	3	3	1	3	2	2	2	3	2	3
T5	2	3	2	2	3	2	2	3	2	3
T6	2	3	2	3	2	1	2	3	2	2
T7 (Testigo)	1	3	3	3	3	2	2	2	3	2

### Consistencia

Tratamientos	CATADORES									
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
T1	1	1	3	1	1	2	2	2	1	2
T2	1	1	2	1	1	1	2	2	1	1
T3	1	1	2	2	1	1	2	2	1	3
T4	2	2	1	1	2	4	3	3	2	3
T5	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2
T6	2	3	2	3	2	3	3	3	3	2
T7 (Testigo)	1	2	3	1	2	2	2	2	1	2

### Aceptabilidad

Tratamientos	CATDORES									
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
T1	1	1	3	1	3	3	1	2	1	2
T2	4	1	2	3	2	1	1	2	1	1
T3	4	1	4	1	2	4	2	2	1	2
T4	3	1	4	3	2	4	2	1	2	1
T5	1	3	3	3	3	1	3	1	1	1
T6	3	3	3	3	2	3	3	1	3	2
T7 (Testigo)	3	3	3	3	3	1	1	3	1	1

### **ANEXO 3: DATOS INFORMATIVOS**

Las fibras prebióticas inulina y oligofruetosa fueron adquiridas en la empresa Quifatex de la ciudad de Quito a un costo de:

- Inulina 216.00 USD el saco de 25 kilos
- Oligofruetosa 246.00 USD el saco de 25 kilos

Al adicionar el 3% de la fibra inulina a una porción de 200ml, el costo de producción se incrementa en 0.05 USD por porción.

Al adicionar el 3% de la fibra oligofruetosa a una porción de 200ml, el costo de producción se incrementa en 0.06 USD por porción.

## ANEXO 4: FICHA TÉCNICA DE LA INULINA GR (ORAF TI GR)

# Hoja de Especificaciones Orafti® GR

DOC.CHA4-03\*11/07

**beneo**  
orrafti

### Descripción

**Orafti®GR** es un ingrediente alimenticio compuesto principalmente de inulina de achicoria. Orafti®GR es un polvo GRanulado.

**Inulina de achicoria** es una mezcla de oligo- y polisacáridos compuestos de unidades de fructosa unidas entre si mediante enlaces  $\beta(2-1)$ . Prácticamente cada molécula se termina con una unidad de glucosa. El recuento de unidades de fructosa o glucosa (= grado de polimerización o DP) de la gama de inulinas de achicoria se halla principalmente entre 2 y 60.

### Especificaciones de composición

Todos los valores se expresan sobre materia seca.  
Métodos analíticos : ver nuestros folletos técnicos.

Inulina	> 90 %
Glucosa + fructosa	$\leq$ 4 %
Sacarosa	$\leq$ 8 %
Materia seca (d.m.)	97 $\pm$ 1.5 %
Contenido en carbohidratos	> 99.5 %
Promedio DP de la inulina	$\geq$ 10
Cenizas (sulfatadas)	< 0.2 %
Conductividad (15°Brix)	< 250 $\mu$ S
Metales pesados	Pb, As cada uno < 0.1 mg/kg Cd, Hg cada uno < 0.01mg/kg
pH (10°Brix)	5.0 - 7.0

### Especificaciones microbiológicas

Todos los valores se expresan sobre materia seca.  
Métodos analíticos : ver nuestros folletos técnicos.

Aeróbios mesófilos – recuento total	max. 1000/g
Levaduras	max. 20/g
Mohos	max. 20/g
Esporas aeróbicas termófilas	max. 1000/g
Anaeróbicos H <sub>2</sub> S productores de esporas termófilas	max. 25/g
Enterobacteriaceae	ausente en 1 g
Bacillus cereus	max. 100/g
Staphilococcus aureus	ausente en 1 g
Escherichia coli	ausente en 1 g
Clostridium perfringens	ausente en 1 g
Clostridium botulinum	ausente en 1 g
Salmonella	ausente en 100 g
Listeria	ausente en 25 g

GR CHA4-03-11-07

1/2

BENE0-Orafti - Aandorenstraat 1, B - 3300 Tienen Belgium - Phone +32 16 801 301 - Fax +32 16 801 308 - info@BENE0-Orafti.com - www.BENE0-Orafti.com

**Etiquetado**

Todos los valores son valores promedios expresados por 100 g de producto comercial.

Carbohidratos	8 (97 <sup>1)</sup> )	Gluten	ausente
Azúcares	8	Lactosa	ausente
Fibra dietética <sup>2)</sup>	89	Leche/carne/derivados del huevo	ausente
Proteína	ausente	Semillas/componentes de la soja	ausente
Grasa	ausente	Insecticidas, pesticidas	ausente
Vitaminas y Minerales	insignificante	Nueces, frutos secos	ausente
Valor Calórico <sup>3)</sup>	120 kcal/505 kJ	Colza	ausente
Proteinheite <sup>4)</sup>	0.65	Otros alérgenos	ausente
		Actividad enzimática	ausente
		Folate	ausente

1) incluyendo fibra dietética

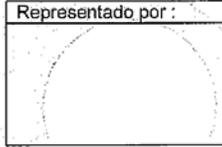
2) medido por el método AOAC 997.08

3) valor calórico basado en 1 kcal/g para inulina pura. Valor susceptible de ser adaptado a las regulaciones locales.

4) conforme a las regulaciones alemanas.

**Otra Información** *ver también nuestros folletos técnicos*

Aspecto	Polvo blanco finamente granulado.
Comportamiento	Hygroscópico.
Sabor	Ligeramente dulce, sin dejar gusto.
Solubilidad en agua	120 g/l a 25°C - 350 g/l a 90°C.
Mojabilidad en agua	Buena.
Dispersabilidad en agua	Buena. Eventualmente se requiere agitación.
Propiedades y aplicaciones	Ver nuestros folletos técnicos.
Tamaño de partículas	Ver documento "Tamaño de Partículas".
Densidad	Aprox. 580 ± 50 g/l.
Etiquetado – Lista de ingredientes	Inulina.
Seguridad	Seguro. No tóxico. No peligroso. El consumo excesivo puede ocasionar efectos laxantes. Es, como otros polvos finos, que cuando se mezclan con el aire y se encienden, pueden causar una explosión.
Envasado	Sacos de papel en pallets, ver "Especificaciones de los Envases".
Condiciones óptimas de almacenamiento	Fresco y seco, en su envase hermético original.
Máxima duración	Ver envase (mínimo 18 meses fecha entrega).
Condiciones de transporte	Según documento "Condiciones de Transporte".
Irradiación	No irradiado.
GMO	No contiene OGM ni componentes derivados. No es fabricado utilizando tecnología basada en OGM.
Kosher	Certificado, Orthodox Union (OU).
Halal	Certificado, The Islamic-Food and Nutrition Council of America (IFANCA).
Origen vegetal	Adecuado para vegetarianos.
Producido por	ORAFI – ver dirección en etiqueta de envase.

Representado por :  


GR CHA4-03-11-07

2/2

## ANEXO 5: FICHA TÉCNICA DE LA OLIGOFRUCTOSA (ORAF TI P95)

# Hoja de Especificaciones Orafti®P95



DOC.CHA3-04\*11/07

### Descripción

- Orafti®P95**
- es un polvo que contiene principalmente oligofructosa producida por hidrólisis enzimática parcial de inulina de achicoria.
  - es un ingrediente alimenticio compuesto de oligofructosa, fructosa, glucosa y sacarosa.
- Oligofructosa**
- es una mezcla de oligosacáridos compuestos de unidades de fructosa unidas entre sí mediante enlaces  $\beta(2-1)$ . Parte de estas moléculas terminan con una unidad de glucosa. El recuento de unidades de fructosa o glucosa (= grado de polimerización o DP) de la gama de oligofructosas se halla principalmente entre 2 y 8.

### Especificaciones de composición

Todos los valores se expresan sobre materia seca.  
Métodos analíticos : ver nuestros folletos técnicos.

Oligofructosa	$\geq 93.2 \%$
Glucosa + fructosa + sacarosa	$< 6.8 \%$
Materia seca (d.m.)	$97 \pm 1.5 \%$
Contenido en carbohidratos	$> 99.5 \%$
Cenizas (sulfatadas)	$< 0.2 \%$
Conductividad (28°Brix)	$< 250 \mu\text{S}$
Metales pesados	Pb, As cada uno $< 0.1 \text{ mg/kg}$ Cd, Hg cada uno $< 0.01 \text{ mg/kg}$
pH (30-50°Brix)	5.0 - 7.0

### Especificaciones microbiológicas

Todos los valores se expresan sobre materia seca.  
Métodos analíticos : ver nuestros folletos técnicos.

Aeróbicos mesófilos – recuento total	max. 1000/g
Levaduras	max. 20/g
Mohos	max. 20/g
Esporas aeróbicas termófilas	max. 1000/g
Anaeróbicos H <sub>2</sub> S productores de esporas termófilas	max. 25/g
Enterobacteriaceae	ausente en 1 g
Bacillus cereus	max. 100/g
Staphylococcus aureus	ausente en 1 g
Escherichia coli	ausente en 1 g
Clostridium perfringens	ausente en 1 g
Clostridium botulinum	ausente en 1 g
Salmonella	ausente en 100 g
Listeria	ausente en 25 g

P95.CHA3-04-11-07.doc

1/2

BENE O-Orafti · Aandorenstraat 1, B - 3300 Tienen Belgium · Phone +32 16 801 301 · Fax +32 16 801 308 · Info@BENE O-Orafti.com · www.BENE O-Orafti.com

**Etiquetado**

Todos los valores son valores promedios expresados por 100 g de producto comercial.

Carbohidratos	5 (97 <sup>1)</sup> )	Gluten	ausente
Azucares	5	Lactosa	ausente
Fibra dietética <sup>2)</sup>	92	Leche/carne/derivados del huevo	ausente
Proteína	ausente	Semillas/componentes de la soja	ausente
Grasa	ausente	Insecticidas, pesticidas	ausente
Vitaminas y Minerales	insignificante	Nueces, frutos secos	ausente
Valor Calórico <sup>3)</sup>	158 kcal/662kJ	Colza	ausente
Broteinheite <sup>4)</sup>	0.4	Otros alergenicos	ausente
		Actividad enzimática	ausente
		Folate	ausente

1) incluyendo fibra dietética

2) medido por el método AOAC 997.08

3) valor calórico basado en 1.5 kcal/g para oligofruktosa pura. Valor susceptible de ser adaptado a las regulaciones locales.

4) conforme a las regulaciones alemanas.

**Otra Información** *ver también nuestros folletos técnicos*

Aspecto	Poivo blanco fino.
Comportamiento	Hygroscópico.
Sabor	Ligeramente dulce, sin dejar gusto.
Solubilidad en agua	>750 g/l.
Mojabilidad en agua	Excelente.
Dispersabilidad en agua	Excelente. Eventualmente se requiere agitación.
Propiedades y aplicaciones	Ver nuestros folletos técnicos.
Tamaño de partículas	Ver documento "Tamaño de Partículas".
Densidad	Aprox. 700 ± 70 g/l.
Etiquetado – Lista de ingredientes	Oligofruktosa, fructo-oligosacáridos.
Seguridad	Seguro. No tóxico. No peligroso. El consumo excesivo puede ocasionar efectos laxantes. Es, como otros polvos finos, que cuando se mezclan con el aire y se encienden, pueden causar una explosión.
Envasado	Sacos de papel en pallets, ver "Especificaciones de los Envases".
Condiciones optimas de almacenamiento	Fresco y seco, en su envase hermético original.
Máxima duración	Ver envase (mínimo 18 meses fecha entrega).
Condiciones de transporte	Según documento "Condiciones de Transporte".
Irradiación	No irradiado.
GMO	No contiene OGM ni componentes derivados. No es fabricado utilizando tecnología basada en OGM.
Kosher	Certificado, Orthodox Union (OU).
Halal	Certificado, The Islamic Food and Nutrition Council of America (IFANCA).
Origen vegetal	Adecuado para vegetarianos.
Producido por	ORAFI – ver dirección en etiqueta de envase.

Representado por:



To the best of our knowledge, this information is reliable but should not be considered as a warranty. Specifications might be subject to change without notice.