

**ESTUDIO DEL EFECTO DE LA ADICIÓN DE LA LECHE EN POLVO, CASEÍNA  
Y FIBRA SOLUBLE EN LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DE UN YOGUR  
ESPECIAL PARA LA EMPRESA FRESKALECHE S.A.**

**ANDRÉS MACHUCA MACHUCA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO QUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
BUCARAMANGA**

**2015**

**ESTUDIO DEL EFECTO DE LA ADICIÓN DE LA LECHE EN POLVO, CASEÍNA  
Y FIBRA SOLUBLE EN LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DE UN YOGUR  
ESPECIAL PARA LA EMPRESA FRESKALECHE S.A.**

**ANDRÉS MACHUCA MACHUCA**

**Trabajo de grado para optar por el título de  
INGENIERO QUÍMICO**

**Director:**

**Prof. CARLOS JESÚS MUVDI NOVA**

**Ingeniero Químico, M.Sc., Ph.D.**

**Codirector**

**VICTOR MONTESINO**

**Ingeniero de Alimentos**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO QUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
BUCARAMANGA**

**2015**

## DEDICATORIA

*De manera muy especial dedico este trabajo:*

*A Dios Padre, Hijo y Espíritu Santo.*

*A mis padres María Cristina y Eudoro.*

*A mi hermana Bibiana y mis sobrinos Tatiana y David.*

*A mis tías Herminda, Flor Elva y Dora.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Doctor Carlos José Muvdi Nova por todos sus aportes y conocimiento compartido.

A las instituciones y maestros que han contribuido a mi formación como profesional: Colegio Divino Niño de Capitanejo, Universidad Industrial de Santander seccional Málaga.

A la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander Bucaramanga, a sus directivos(as), secretarias, maestros(as) y compañeros (as) de camino por su compañía y apoyo.

A Freskaleche Bucaramanga, por su apoyo y colaboración en el desarrollo de mi práctica empresarial.

Al Ingeniero Víctor Montesino y a la Bacterióloga Etedy Guarín, por sus conocimientos y apoyo incondicional en el desarrollo de este trabajo.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN .....	14
1. MARCO TEÓRICO .....	16
1.1. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA .....	16
1.2. PROBLEMÁTICA Y JUSTIFICACIÓN .....	17
1.3. GENERALIDADES .....	18
2. OBJETIVOS.....	25
2.1 OBJETIVO GENERAL .....	25
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	25
3. ALCANCE .....	26
4. METODOLOGÍA .....	27
4.1 LOCALIZACIÓN.....	27
4.2 ESTUDIO Y MATERIALES.....	27
4.2.1 Elaboración de yogur en el laboratorio .....	28
4.2.2 Parámetros fisicoquímicos.....	30
4.2.3 Estabilidad en el tiempo.....	30
4.3 ANÁLISIS ECONÓMICO .....	30
4.4 MÉTODOS DE CARACTERIZACIÓN.....	31
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	33
5.1. GRASA .....	33
5.2 SINÉRESIS.....	33

5.3. DENSIDAD .....	34
5.4. VISCOSIDAD .....	35
5.5. REFRACTOMETRÍA.....	36
5.6. PH.....	37
5.7 ANÁLISIS SENSORIAL (SABOR, TEXTURA Y COLOR).....	37
5.8. ESTABILIDAD EN EL TIEMPO.....	38
5.9 ANÁLISIS ECONÓMICO .....	41
6. CONCLUSIONES .....	42
BIBLIOGRAFÍA.....	43
ANEXOS.....	47

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Composición química de la leche (%p/v). .....	19
Tabla 2 Contenido de grasa en leche. Fuente: Plan de calidad de Freskaleche S.A. ....	20
Tabla 3. Propiedades Fisicoquímicas y Microbiológicas del yogur .....	24
Tabla 4. Factores experimentales y los niveles escogidos. ....	28
Tabla 5. Parámetros Fisicoquímicos de yogur descremado contemplados por el Plan de Calidad de Freskaleche S.A. y la reglamentación colombiana para yogur descremado. ....	30
Tabla 6. Resultados del Análisis de Vida Útil.....	39
Tabla 7. Costos en pesos de las formulaciones 24 y 27 .....	41

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Proceso industrial del yogur.....	22
Figura 2. Fabricación de yogur en el laboratorio.....	29
Figura 3. Porcentaje de Sinéresis para las 27 formulaciones. ....	34
Figura 4. Viscosidad para las 27 formulaciones.....	35
Figura 5. Análisis sensorial para las 27 formulaciones (Sabor y Textura). ....	38

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A. Formulaciones (Factores y los niveles escogidos) .....	47
Anexo B. Formato para la encuesta de la evaluación sensorial.....	48
Anexo C. Análisis Factorial .....	49

## RESUMEN

**TÍTULO:** ESTUDIO DEL EFECTO DE LA ADICIÓN DE LA LECHE EN POLVO, CASEÍNA Y FIBRA SOLUBLE EN LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE UN YOGUR ESPECIAL PARA LA EMPRESA FRESKALECHE S.A.

**AUTOR:** ANDRÉS MACHUCA MACHUCA \*\*

**PALABRAS CLAVE:** Yogur, Saludable, Factorial, Calidad.

**DESCRIPCIÓN:** El proyecto se realizó en la planta de producción Freskaleche Bucaramanga, ubicada en el parque industrial de la misma, con el objetivo de elaborar un yogur comercial bajo en grasa, deslactosado y endulzado con stevia. El objetivo de este nuevo yogur es el de ofrecer al consumidor un producto novedoso, saludable, cumpliendo con los estándares de calidad. La parte experimental se llevó a cabo a nivel de laboratorio basado en un diseño experimental factorial  $3^3$  con duplicado. Las formulaciones obtenidas fueron caracterizadas y evaluadas a través de un análisis estadístico, económico y de aceptación sensorial, durante los seis meses de práctica del segundo Semestre de 2013.

Inicialmente, se realizó la revisión de la planta física de Freskaleche para identificar áreas, equipos y utensilios, además se hizo una búsqueda documental de otros trabajos realizados sobre el mismo tema. Posteriormente, se fabricaron las formulaciones, se caracterizaron y el análisis de resultados se realizó utilizando el *software* estadístico "Minitab 17".

Finalmente, se creó un producto alimenticio especial, estable en el tiempo y aceptable sensorialmente. Con el diseño factorial, se logró encontrar las cantidades de leche en polvo, caseína y fibra soluble que permitieron dar mejoras a los defectos fisicoquímicos propios de este tipo de yogur: la baja viscosidad y la sinéresis. Además, se calculó el costo adicional generado por estos ingredientes. El proceso y diseño siguió la reglamentación de Freskaleche S.A.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de fisicoquímicas . Escuela de Ingeniería Química. Director Carlos Jesus Muvdi

## ABSTRACT

**TITLE:** STUDY OF EFFECT OF THE ADDITION OF THE MILK POWDER, CASEIN AND AOLUBLE FIBER IN THE PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES FOR THE ELABORATION OF A SPECIAL YOGURTH TO THE FRESKALECHE S.A. COMPANY.\*

**AUTHOR:** ANDRÉS MACHUCA MACHUCA.\*\*

**KEY WORDS:** yogurth, healthy, factorial, quality.

**DESCRIPTION:** The proyect it made in Freskaleche Bucaramanga specifically in a production place located in the industry park, with the goal of make a special yogurth with low level of fat, deslactosaded, and sweetened with stevia. The goal of this new yogurth is of the offer to the costumer a new, and healthy product accomplishing with the quality standars. The experimental part it made at laboratory level based in a factorial and experimental design factorial 3<sup>a</sup> with ccopy. The formulations that have been gotten, were characterized and evaluated, though of an estadistic, and economic analyse of sense aceptation during the six months of practice of the 2013 second semester.

In the beginning it made a revision of the Freskaleche fisic placement for identify areas, teams and tools, besides it made a documental search of others jobs about the same topic. Later, it made the formulations, they were characterized at experimental way and the result analyse it made using the estadistic *software* "Minitab 17".

Finally it created a special meal product, balanced in the time and sensory acceptable with the factorial design it founded the enough amounts milk powder, casein and aoluble fiber that let give improvements to the physical and chemical defects own of this kind of yogurth: the low viscosity, the sineresis plus. It calculated the additional cost made for these ingredients. The process and design follow the rules of Freskaleche S.A.

---

\* Degree work

\*\* Faculty of fisiciquimicas. School of Chemical Engineering. Director Carlos Jesus Muvdi

## INTRODUCCIÓN

La necesidad alimentaria es una de las preocupaciones más importantes para las diversas organizaciones de salud y la industria alimenticia mundial en esta época postmodernista. Por ello, las investigaciones y avances científicos referentes a ello, buscan a diario la fabricación de productos que llenen las exigencias del consumidor en un ámbito saludable, de excelente calidad nutritiva, y que produzca un amplio cubrimiento en la demanda.

Con este proyecto, al que se dedica particular atención y análisis científico, se ha propuesto elaborar un yogur comercial bajo en grasa, deslactosado y endulzado con stevia, por medio de un diseño experimental factorial  $3^3$  por duplicado a nivel de laboratorio, con análisis estadístico y económico en la Planta Freskaleche S.A Bucaramanga, durante los seis meses de práctica del segundo Semestre de 2013, con el fin de ofrecer al consumidor un producto novedoso, saludable y capaz de transformar el negocio de los lácteos.

En el primer capítulo se presenta la descripción de la planta de producción de Freskaleche S.A. Bucaramanga, con la ubicación geográfica, la historia, la misión, el quehacer de la empresa y se mencionan algunos productos de la amplia línea que ofrece al mercado local y regional. Se presenta también los principales conceptos y definiciones que servirán de marco referencial para el desarrollo del trabajo: leche, yogur, fibra y proceso industrial.

En el segundo y tercer capítulo se presenta el objetivo general, los objetivos específicos y el alcance de la práctica empresarial.

En cuarto capítulo se presenta la metodología escogida para el desarrollo del trabajo la cual es diseño experimental factorial  $3^3$  por duplicado, en donde se

detallan las especificaciones del proceso experimental utilizado: Factores, proceso a nivel del laboratorio, parámetros fisicoquímicos, métodos de caracterización y se contempla un análisis de resultados empleando el software minitab 17.

En el quinto capítulo se exponen y analizan los resultados que se generaron después de hacer la caracterización de las propiedades fisicoquímicas y el análisis de varianza del experimento factorial. Se enriquece este capítulo con un breve análisis económico.

Finalmente se presentan las conclusiones del autor. Aparece también la bibliografía empleada para el mismo y una serie de anexos que permitirán al lector ampliar el conocimiento del trabajo presentado, de igual manera le darán mayor sustento al trabajo científico realizado.

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA

Freskaleche S.A. es una empresa santandereana fundada en 1982 con el nombre de Cooproleche Ltda., que se consolida como un líder regional en el desarrollo, producción y comercialización de productos lácteos y alimentos procesados que aportan bienestar y nutrición a los consumidores, cumpliendo con altos estándares de calidad, inocuidad, requerimientos legales ambientales y políticas organizacionales, con el fin de generar beneficios a la sociedad, proveedores y clientes.

Cooproleche Ltda., en 1991 se constituye como sociedad anónima y adopta su nombre actual "Freskaleche S.A.". La empresa cuenta con dos plantas de producción: la planta principal ubicada en Bucaramanga, Santander, Km 3 vía Chimitá - Parque Industrial y una sede secundaria que se sitúa en el municipio de Aguachica, Cesar. Además, tiene agencias de distribución en las ciudades de Barrancabermeja, Cúcuta, Barranquilla, Santa Marta y Tunja. Entre los productos que conforman su portafolio se encuentran: leche UHT (entera, deslactosada y *light*), leche en polvo, yogur, kumis, bebidas lácteas, avena, crema de leche, quesos, arequipe, mantequilla, gelatina y en 1994 obtuvo la licencia para Colombia de *Tampico Critus Punch* (Tampico Beverages Inc. Chicago Illinois).

Freskaleche S.A. es la principal pasteurizadora de la región, se destaca por su impecable trayectoria y su compromiso con el deporte. Freskaleche S.A. se encuentra dentro de las quinientas empresas generadoras de desarrollo en Santander (según el diario Vanguardia Liberal en su página de internet en la

sección de empresas generadoras -actividades empresariales-). El ICONTEC le otorga certificados de ISO 9002/1994 en el año 2001, ISO 9001/200 en el año 2003, ISO 14001/1996 en el año 2005 e ISO 14001/2004 en el año 2006. La CDMB, la Universidad Industrial de Santander, el Ministerio del Medio Ambiente y el Centro Nacional de Producción más Limpia le distinguen con el galardón ECOPROFIT 2002 y más recientemente el INVIMA le ha concedido la certificación HACCP.

Actualmente, la Empresa cuenta con una cuota de mercado regional de un 68,4%, señalan Aristizábal y Lamus (2007). Por su calidad y capacidad de innovación en el periodo 2013 a 2017, según la visión de la empresa, se proyecta un crecimiento en sus ventas en un 50%.

## **1.2. PROBLEMÁTICA Y JUSTIFICACIÓN**

Actualmente, la necesidad alimentaria es una de las preocupaciones más importantes para las diversas organizaciones de salud y la industria alimenticia mundial. Por ello, las investigaciones y avances científicos referentes a ello, buscan a diario la fabricación de productos que llenen las exigencias del consumidor en un ámbito saludable, de excelente calidad nutritiva, con factibilidad económica y que produzca un amplio cubrimiento en la demanda, ideas que Tamine y Robinson (1991) nos sugieren.

La industria láctea no es ajena a la evolución, uno de los tantos productos que han aceptado estos cambios es el yogur. Freskaleche S.A., como industria láctea, ha seguido esta tendencia y dentro de los nuevos productos que desea desarrollar se encuentra un yogur comercial, bajo en grasa, deslactosado y endulzado con stevia. Este yogur es en su concepto un producto novedoso, saludable y capaz de transformar el negocio de los lácteos; pero en su proceso de elaboración genera problemas técnicos relacionados con defectos de calidad en algunas propiedades

fisicoquímicas: se observa separación de suero del sólido del producto (sinéresis), además los valores de densidad y viscosidad, se encuentran por debajo de los mínimos establecidos por la empresa y reglamentados por el Estado. Por ello, la práctica empresarial se enfocó en la elaboración de dicho yogur, pero buscando la solución o mitigación de los mencionados defectos a través de la adición de ingredientes específicos. Todo esto se realizó por medio de un estudio experimental, complementado con un análisis estadístico.

### **1.3. GENERALIDADES**

Los productos lácteos fermentados o acidificados como el yogur, son probablemente originarios de oriente medio y se hicieron muy populares en Europa Central y Oriental. Aunque no se cuenta con algún documento en el que se mencione el origen del yogur a ciencia cierta, durante mucho tiempo diversas civilizaciones han creído en sus efectos beneficiosos sobre la salud y la nutrición humana (Tamine y Robinson, 1991).

La fuerte tendencia global hacia productos saludables, enriquecidos y funcionales ya se encuentra en los países de habla hispana. El lanzamiento en años recientes de una enorme cantidad de presentaciones de yogures fortificados, con menos grasa, dirigidos a problemas específicos, como alto colesterol o de salud intestinal, y todo a un precio conveniente, elevó su perfil. *Euromonitor International* expone que entre los alimentos empacados con mejor desempeño en volumen de ventas minoristas en el 2012 para América Latina se encuentra el yogur, con un crecimiento de 6,2%, y está previsto que para los próximos 5 años la tasa de crecimiento anual compuesta sea 5,2% en volumen. En Colombia, el yogur es considerado un excelente reemplazo de la leche, saludable y amigable con el bolsillo. Su crecimiento para 2012 fue de 8,7%, reporta América Economía (Análisis y opinión) en su portal de internet.

El yogur requiere para su fabricación como principal materia prima la leche, en su mayoría proveniente de vacas, cabras y ovejas. La leche debe cumplir con condiciones fisicoquímicas específicas, como contenido de grasa mínimo de 3%p/v, densidad a 15°C entre 1,030 y 1,033g/ml y acidez expresada (como ácido láctico) entre 0,13 y 0,17%p/v, y microbiológicas (mínima presencia bacteriana); amparadas por el Decreto 616 del 28 de febrero de 2006 del Ministerio de la Protección Social.

El conocimiento de la Ciencia de los Alimentos es esencial para comprender la naturaleza de la leche, sus productos derivados y los cambios que ocurren durante su procesamiento. En la Tabla 1, según Tamime y Robinson (1991), se encuentran la variedad de componentes en la leche, que difieren entre sí en su tamaño molecular y solubilidad, convirtiéndola en un complejo sistema fisicoquímico. El agua es el constituyente más abundante de la leche y en menor proporción se encuentran los sólidos: grasos y no grasos, 12,4% aproximadamente. La composición química de la leche varía considerablemente con la raza de la vaca, época del año, estado de lactancia, alimentación de la misma, entre otros.

**Tabla 1. Composición química de la leche (%p/v).**

<b>SÓLIDOS TOTALES</b>	<b>SÓLIDOS GRASOS</b>	<b>GRASA</b>	3,8
	<b>SÓLIDOS NO GRASOS</b>	<b>PROTEÍNAS</b>	3,3
		<b>LACTOSA</b>	4,7
		<b>CENIZAS, VITAMINAS Y OTROS</b>	0,6
<b>AGUA</b>			87,6

La grasa está presente en la leche en estado coloidal, en forma de glóbulos de tamaños variables, que están recubiertos por membranas proteicas evitando así ataques enzimáticos. La grasa de la leche es una mezcla de ésteres de ácidos grasos (triglicéridos) saturados e insaturados. En la Tabla 2 se muestran los

distintos tipos de leche según el contenido de grasa presente en ella (Plan de Calidad de Freskaleche S.A.)

**Tabla 2 Contenido de grasa en leche. Fuente: Plan de calidad de Freskaleche S.A.**

<b>Tipo de Leche</b>	Entera	Semidescremada	Descremada
<b>Grasa (%p/p)</b>	Min 3,0	1,5 – 2,0	0,5 – 0,8

Las proteínas son largas cadenas de aminoácidos formadas por distintos eslabones. Existen tres tipos de proteínas lácteas: una que se encuentra adsorbida en la membrana que rodea los glóbulos grasos, otro tipo llamadas proteínas del suero (o solubles) y la tercera y más abundante, denominada caseína (se encuentra en suspensión). La caseína en polvo destinada a la elaboración del yogur supone un aumento de la concentración de proteína, de la viscosidad y ayuda a la formación y consistencia del coágulo (Tamime y Robinson, 1991).

La lactosa es el carbohidrato mayoritario de la leche (azúcar de la leche). Ella se encuentra disuelta en agua y se hidroliza por acción de la emulsina y la enzima lactasa, originando el desdoblamiento de la misma en glucosa y galactosa. Se considera “leche deslactosada” cuando se ha alcanzado un 85% de hidrólisis, de acuerdo al Decreto 616 del 28 de febrero de 2006 del Ministerio de la Protección Social. La leche se acidifica cuando la lactosa se transforma en ácido láctico por acción de las bacterias.

Existen numerosos componentes que en la leche se encuentran en muy pequeñas cantidades, como las vitaminas (A, B, C, D, E y K), las cenizas (que son las sales minerales como el calcio, fósforo, potasio, cloro, sodio), algunas enzimas (como la peroxidasa y la fosfatasa), gases (como el oxígeno, nitrógeno y anhídrido carbónico), ácido láctico, ácidos nucleicos, urea, entre otros.

Otros insumos indispensables para el desarrollo de este proyecto son: leche en polvo, fibra dietaria (o dietética) y *stevia*.

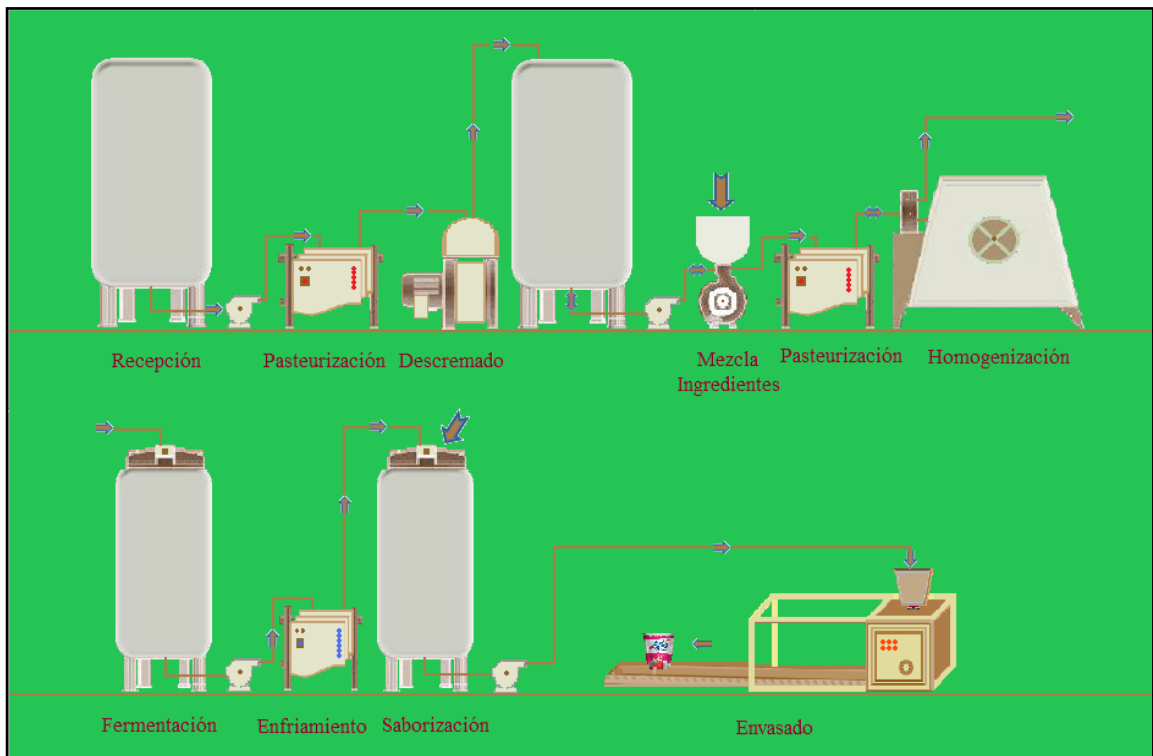
La leche en polvo es el producto que se obtiene por la eliminación del agua de la leche higienizada (Decreto 616 del 28 de febrero de 2006 del Ministerio de la Protección Social). La adición de leche en polvo entera o baja en grasa, se emplea frecuentemente en la industria láctea, con el ánimo de ayudar a aumentar el contenido de extracto seco del yogur con baja densidad y para dar la característica de espeso y suave al mismo tiempo (Tamine y Robinson, 1991).

La fibra dietaria o dietética son carbohidratos, análogos de carbohidratos y lignina, que no son hidrolizados por las enzimas endógenas del tracto gastrointestinal de los humanos. La fibra dietaria puede ser soluble o insoluble en agua (Resolución 333 del 10 de febrero de 2011 del Ministerio de la Protección Social). La capacidad de retención y absorción de agua, la adsorción de sustancias orgánicas e inorgánicas, la resistencia a la digestión y efectos fisiológicos benéficos, son algunas de las propiedades más interesantes de la fibra. La fibra además de los efectos beneficiosos en el cuerpo humano, ayuda a la reducción de sinéresis en el producto, mejora la cremosidad sensorial y la consistencia del yogur (Hernández, 2004).

La página de internet “*stevia* la bolivianita” habla de la *stevia Rebaudiana Bertoni* como una planta que se ha utilizado tradicionalmente para endulzar bebidas y hacer té. La palabra *stevia* se puede usar para referirse a un edulcorante natural, seguro y sin calorías, que lo convierte en una alternativa perfecta para sustituir el azúcar. Los componentes de la planta que tienen sabor dulce se conocen como glucósidos de steviol y estos se pueden aislar y purificar a partir de sus hojas.

Finalmente, en la Figura 1 se ilustra y se ofrece una breve descripción de cada una de las etapas del proceso general de producción industrial del yogur (de acuerdo al Plan de Calidad de Freskaleche S.A.).

**Figura 1. Proceso industrial del yogur**



Inicialmente, la leche se recibe de los centros de acopio, se verifica la calidad fisicoquímica y microbiológica y se almacena a baja temperatura, luego sufre una primera pasterización (90°C), donde se busca la eliminación de microorganismos patógenos y la reducción de la carga total microbiana. Seguidamente, en el proceso de descremado se produce la separación de materia grasa del resto de componentes de la leche, buscando ajustar las necesidades de crema en la variedad de productos lácteos, enseguida se almacena y se adiciona la lactasa necesaria para los productos que van a ser deslactosados. Posteriormente, en un embudo diluctor se suman y se disuelven los distintos ingredientes, estabilizantes, endulzantes, espesantes, conservantes y demás. Esta mezcla pasa a una

segunda etapa de pasteurización con temperaturas más altas (ultra-alta-temperatura), inicialmente se precalienta en la primera placa del pasteurizador, favoreciendo el proceso de homogenización que usa presiones de 12 a 13 MPa. Dicha homogenización ayuda a la disminución de tamaño de los glóbulos grasos, estabilidad en las proteínas y la mezcla correcta de los ingredientes. A continuación se pasteuriza la mezcla, donde se destruyen los microorganismos patógenos y demás microorganismos indeseables, evitando así la competencia de estos con el cultivo del yogur. Encontrándose la mezcla en la temperatura óptima en la que se llevará a cabo la inoculación e incubación del cultivo de 42 (+/-1) °C, se adiciona éste (*Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*) aportando el sabor, aroma y textura característicos. Se realizan monitoreos regulares de pH y cuando se encuentre en el rango de 4,4 a 4,8, se procede a realizar la ruptura del coágulo por agitación a 25 rpm durante 20 - 30 min. El yogur batido se enfría a una temperatura de 12 (+/-2) °C, con la intención de detener el proceso fermentativo (acidificación), y se agrega sabor y color dependiendo la variedad del yogur. Finalmente, el yogur es envasado de forma automática en vasos, bolsas, botellas, etc. Se realiza la inspección sensorial, fisicoquímica y microbiológica del producto final y se almacena o distribuye a 4 (+/-2) °C.

Adicionalmente, la producción industrial de yogur se encuentra reglamentada por el Ministerio de Salud, en la Resolución 02310 del 24 de febrero de 1986 "Disposiciones generales y definiciones", atribuciones que le confiere la Ley 9 de 1979, en lo referente a procesamiento, composición, requisitos, transporte y comercialización de los derivados lácteos. En el capítulo II "De la Leche Fermentada", más específicamente en el artículo 13 "De las Características del Yogurt", se encuentran consignadas las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas indispensables para asegurar la calidad del yogur y en la Tabla 3 se presentan sus valores. La Resolución 333 del 10 de febrero de 2011 del Ministerio de la Protección Social, establece el reglamento técnico de rotulado y

etiquetado nutricional que deben cumplir los alimentos envasados para consumo humano.

**Tabla 3. Propiedades Fisicoquímicas y Microbiológicas del yogur**

	<b>Entero</b>	<b>Semidescremado</b>	<b>Descremado</b>
<b>Grasa (%m/m)</b>	Min 2,5	Min 1,5	Máx 0,8
<b>Sólidos lácteos no grasos (%m/m)min.</b>	7	7	7
<b>Acidez (%m/m)</b>	0,7 – 1,5	0,7 – 1,5	0,7 – 1,5
<b>Prueba de Fosfatasa</b>	Negativa	Negativa	Negativa
<b>Coliformes totales/g</b>	20	20	20
<b>Coliformes fecales/g</b>	<3	<3	<3
<b>Hongos y Lévaduras</b>	200	200	200

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto de la adición de la leche en polvo, caseína y fibra soluble en las propiedades fisicoquímicas de un yogur bajo en grasa, deslactosado y endulzado con stevia, en la Planta Freskaleche S.A. Bucaramanga, con el fin de ofrecer al consumidor un producto novedoso, saludable y cumpliendo con los estándares de calidad.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Conocer la planta de producción de Freskaleche S.A. Bucaramanga, identificando en ella laboratorios, procesos, equipos, personal responsable y catálogo de productos.
- Desarrollar un estudio experimental con análisis estadístico, que permita evaluar la influencia de las distintas variables que intervienen en las características de la formulación propuesta para la elaboración del yogur.
- Evaluar los costos adicionales generados a partir de la formulación.

### 3. ALCANCE

El yogur es el tipo de leche fermentada, que ha alcanzado difusión internacional. Beneficios digestivos y nutritivos le han dado su popularidad. Por tanto Freskaleche S.A., sugirió la elaboración de un yogur especial, que cumpliera fisicoquímica y sensorialmente con los requisitos legales. Para lo anterior se realizó un diseño experimental factorial  $3^3$  con duplicado a escala laboratorio, partiendo de una fórmula base propuesta por dicha empresa. Se usó un *software* estadístico para el análisis de los resultados, después de ser caracterizadas las variables fisicoquímicas. Finalmente, se efectuó un breve análisis económico, en donde se tuvo en cuenta por confidencialidad, solamente el costo adicional en el que incurren los ingredientes del estudio factorial.

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1 LOCALIZACIÓN

El trabajo se desarrolló en la planta de producción de Freskaleche S.A, en la ciudad de Bucaramanga, Santander, Km 3 vía Chimitá - Parque Industrial, en los meses de mayo a octubre de 2013, como práctica empresarial que culmina el ciclo de profesionalización de Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander.

### 4.2 ESTUDIO Y MATERIALES

Se elaboró un yogur comercial bajo en grasa, deslactosado y endulzado con *stevia* con las siguientes condiciones: se empleó una formula base “mix” (puede contener antiespumantes, edulcorantes, estabilizantes, conservantes) propuesta por Freskaleche S.A. La leche deslactosada, el cultivo lácteo y la *stevia* fueron suministradas por dicha empresa y la dosis de estos dos últimos fue sugerida por la experiencia de los trabajadores. Igualmente, se utilizó leche en polvo marca FRESKALECHE semidescremada. Para la adición de la proteína, se utilizó caseinato de sodio en polvo del grupo Tecnas S.A. y la fibra soluble fue suministrada por Bioagaves de la Costa (México).

Para este trabajo se planteó un diseño experimental factorial  $3^3$ . Los experimentos fueron realizados por duplicado en donde se manipularon 3 factores: leche en polvo, proteína en polvo y fibra soluble, y a cada una de estas se trabajaron con 3 niveles. En la Tabla 4, aparecen los niveles escogidos: un nivel control, un nivel intermedio y un nivel superior para los respectivos factores. Para un total de 54 unidades experimentales, que en el documento se llamarán formulaciones (véase

el Anexo A). Las variables evaluadas fueron densidad, sinéresis, viscosidad, grasa, refractometría, pH y análisis sensorial.

**Tabla 4. Factores experimentales y los niveles escogidos.**

<b>FACTOR</b>	<b>NIVELES</b>		
Leche en Polvo	0%	2%	4%
Proteína (Caseína)	0%	0,66%	1,33%
Fibra Soluble	0g/100ml	0,5g/100ml	1g/100ml

En las siguientes líneas se explica el porqué de la escogencia de los niveles máximos utilizados para estos tres factores.

La proporción de leche en polvo añadida a la mezcla que recomienda la literatura es no superar el 4% m/v, ya que puede conferir al yogur un sabor distinto (Tamine y Robinson 1991), además se intenta evitar la salida de parámetro de la grasa propia de yogures descremados. Sobre la adición de proteína, la literatura menciona que esté en un nivel de 1 a 3 con respecto a la leche en polvo desnatada (Tamine y Robinson 1991). En la adición de fibra soluble para yogures, la literatura sugiere 1g/100ml, ya que dosis más altas, confieren un sabor diferente al de un yogur (Sendra *et al.*, 2010).

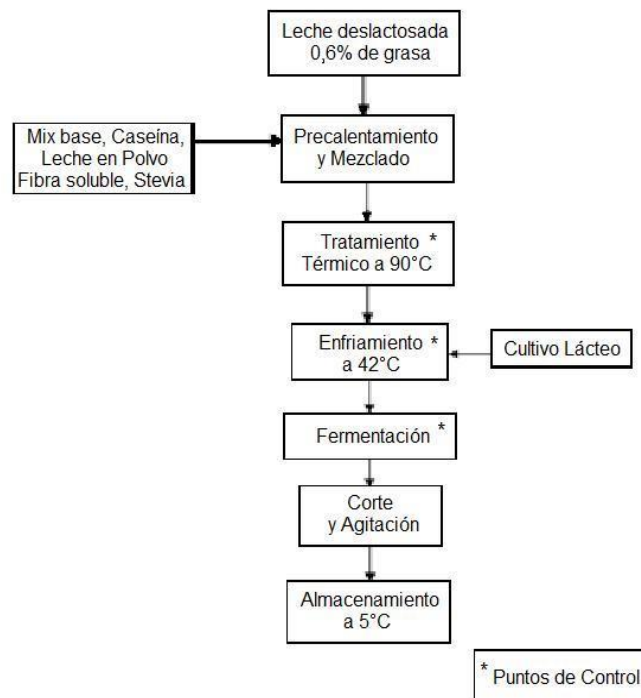
El método estadístico utilizado para el análisis de los resultados obtenidos de los diseños, es el análisis factorial multivariado (MANOVA). Para lo anterior se usó el *software* estadístico Minitab 17, empleando prueba de tukey, con nivel de confianza del 95%, (nivel más común usado por los estadísticos y asignado por defecto por el “Manova” de Minitab 17).

**4.2.1 Elaboración de yogur en el laboratorio.** En la Figura 2, se expone el proceso de elaboración de yogur en el laboratorio sugerido por Freskaleche S.A. En primer lugar, se toma la leche del tanque de almacenamiento, en donde ya se encuentra deslactosada y con 0,6% de grasa. En el laboratorio de investigación y

desarrollo de Freskaleche, se precalienta la leche para facilitar la incorporación y solubilización de los ingredientes; que se agregan poco a poco y al mismo tiempo se mezcla mecánicamente. Enseguida se realiza el tratamiento térmico completo: calentamiento a 90°C por 5 min y enfriamiento a 42°C. En este punto, se adiciona el cultivo lácteo, se mezcla y se lleva a las yogurteras eléctricas (My YOG), en donde se efectuará la fermentación, proceso controlado con el potenciómetro (seguimiento del pH), que dura aproximadamente 5h. A continuación se realiza el corte y la agitación, ayudando a la homogenización del producto coagulado; el tiempo estimado del proceso es de 5 min. Finalmente, se enfría y almacena inmediatamente a 5°C, evitando así que siga la acidificación.

**Nota:** El laboratorio de Freskaleche S.A., no cuenta con un homogenizador a escala laboratorio, por tanto a la mezcla no se le aplicó este tratamiento; sin embargo, esto no es impedimento para la elaboración de un buen yogur.

**Figura 2. Fabricación de yogur en el laboratorio**



**4.2.2 Parámetros fisicoquímicos.** Para cada una de las 54 formulaciones, se examinaron los parámetros fisicoquímicos, verificando que los valores de éstos se encontraran dentro de lo establecido por el Plan de Calidad de Freskaleche S.A., y por las Resoluciones del Ministerio de Salud de Colombia, 2310 de 1986 y 11961 de 1989, buscando asegurar la calidad del yogur. Lo anterior se encuentra resumido en la Tabla 5.

**Tabla 5. Parámetros Fisicoquímicos de yogur descremado contemplados por el Plan de Calidad de Freskaleche S.A. y la reglamentación colombiana para yogur descremado.**

<b>Parámetro Fisicoquímico</b>	<b>Yogur Descremado</b>
Sinéresis (%p/p)	No Presencia
Grasa (%p/p)	0,5 – 0,8
Densidad (g/ml)	1,030 – 1,050
Viscosidad (cp)	≥ 650
Refractometría (°Brix)	8 – 10
pH	4,4 – 4,8
Análisis Sensorial (color, sabor, Textura)	1 - 9 ( ≥ 6 Aceptable)

**4.2.3 Estabilidad en el tiempo.** Por falta de disponibilidad de equipos, espacio y reactivos, la estabilidad en el tiempo sólo se realizó para la muestra control y dos de las mejores formulaciones del diseño factorial (entre las 54 realizadas). Los tiempos evaluados fueron 0, 15 y 30 días.

### **4.3 ANÁLISIS ECONÓMICO**

El presente proyecto se examinó económicamente, teniendo en cuenta solamente los costos adicionales en los que incurre la adición de los ingredientes leche en polvo, caseinato de sodio y fibra soluble en la formula base, debido a aspectos de confidencialidad. Se realizó únicamente para las dos mejores formulaciones.

#### 4.4 MÉTODOS DE CARACTERIZACIÓN

A continuación se detallan los métodos de caracterización utilizados.

- ❖ **Sinéresis.** Se calculó el porcentaje tendiendo como referencia la técnica de Guinee (1995), citada por Hernandez (2004). Se pesaron muestras de yogur (10g) en tubos de centrifuga y se centrifugaron durante 20 min a 5000 rpm. El peso del sobrenadante obtenido se usó para el respectivo cálculo mediante la ecuación 1:

$$\%sinéresis = \frac{\text{Peso del sobrenadante}}{\text{Peso de la muestra}} * 100 \quad \text{Ecuación (1)}$$

- ❖ **Grasa.** Para la determinación del contenido de grasa se usó el método de butirómetros de Gerber. Se coloca en los butirómetros, 10ml de ácido sulfúrico concentrado, 11ml de yogur y 1ml de alcohol isoamílico, se cierra y se agita bien la mezcla, enseguida se centrifugan los butirómetros, luego se lleva a baño maría y por último se lee el contenido de grasa en la escala del butirómetro (según Norma ISO 488 (IDF 105:2008)).
- ❖ **Densidad.** La medición de dicha propiedad, se efectuó a través de una técnica gravimétrica, que involucra picnómetros, basada en la norma AOAC *Official Method 925.22. Specific gravity of milk*, y su valor se obtiene con la ecuación 2.

$$\rho_{yogur} = \frac{\text{Peso(pic + yogur)} - \text{Peso(pic vacío)}}{V_{picnómetro}} \quad \text{Ecuación (2)}$$

- ❖ **Viscosidad.** Para su medición se empleó un viscosímetro digital Brookfield (DV-II), con aguja LV-4. El equipo arroja el valor de la viscosidad en unidades de cp. La medición se realizó en los laboratorios de Freskaleche S.A.

- ❖ **Refractometría.** Su valor fue determinado utilizando un refractómetro digital Atago Pocket (Pal-1) de los laboratorios de Freskaleche S.A.
  
- ❖ **pH.** El valor de pH fue obtenido introduciendo en el yogur el electrodo de un potenciómetro marca SCHOTT, Handylab – 1, ubicado en los laboratorios de Freskaleche S.A.
  
- ❖ **Análisis sensorial.** Para detectar el nivel de aceptación de los yogures en color, sabor y textura (visual y gusto), se trabajó con lo mencionado por Hernández (2005). Se contó con un panel de 15 jueces no entrenados, a los cuales se les aplicó una prueba de evaluación sensorial, con escala hedónica de nueve puntos, que va desde me gusta muchísimo con calificación 9 a me disgusta muchísimo con calificación 1 (la encuesta aplicada en el estudio está resumida en el Anexo B).

**NOTA:** En este estudio no se realizó la confirmación de la cantidad real de proteína y fibra presente en el yogur, ya que Freskaleche S.A., no cuenta con los equipos y reactivos necesarios para la respectiva determinación, por tanto la empresa para estos análisis recurre a laboratorios externos, que para efectos del proyecto no contó con el aval.

## 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación se presentan y analizan los resultados obtenidos. El análisis de varianza realizado en Minitab17 se encuentra en el Anexo C.

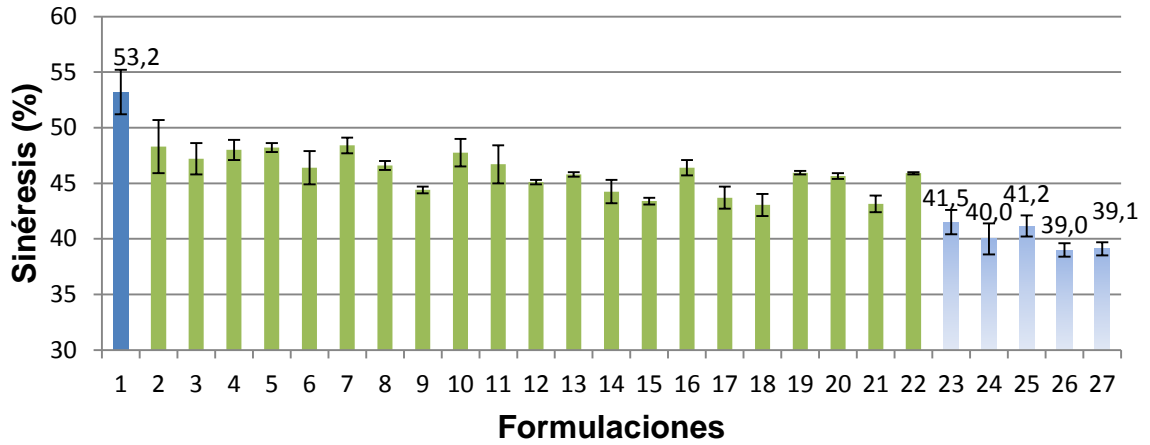
### 5.1. GRASA

La caracterización de la grasa, se realizó con el objetivo de comprobar que ésta no se encontrara por fuera de los parámetros establecidos por Freskaleche S.A., para un yogur descremado. La grasa exhibió pequeñas variaciones, que se presentaron en algunas formulaciones en donde se adicionó el nivel más alto de leche en polvo; posiblemente por las trazas de grasa que ésta contiene y también quizá por errores humanos de precisión. Los valores obtenidos de grasa, se encontraban entre 0,6 y 0,7 %p/p.

### 5.2 SINÉRESIS

En la Figura 3 se presentan los valores de sinéresis obtenidos (se resaltan las formulaciones con menor porcentaje de sinéresis y el control –formulación 1-). Todos los valores de sinéresis se encontraron por debajo del rango 70-80% reportado por Aguirre (2002) para un yogur descremado y similares a los reportados por Hernández (2004) y Díaz *et al.* (2004), 27-59% y 45-65% respectivamente; yogures formulados con bajo contenido de grasa y adicionados con fibra. Tamine y Robinson (1991) y Alatraste *et al.* (2002), coinciden en que el porcentaje de sinéresis adecuado para una buena calidad de yogur debe estar por debajo de 42%. Un buen número de las formulaciones preparadas estuvieron por debajo de este valor, aunque el valor ideal de sinéresis debería ser 0%.

**Figura 3. Porcentaje de Sinéresis para las 27 formulaciones.**



El análisis de varianza para la sinéresis mostró que existen diferencias significativas para los distintos factores estudiados (leche en polvo, caseína y fibra soluble) ( $p < 0,05$ ). En las formulaciones del 23 al 27 (concentraciones intermedias y superiores de los factores), se observa una reducción significativa de sinéresis del 26% aprox. con respecto a la de control. Gracias a que la leche en polvo ayuda al aumento de sólidos totales perdidos por la disminución de grasa, el aumento de caseína mejora la estabilidad de las proteínas dentro del yogur (Tamine y Robinson, 1991) y la fibra ayuda a la retención de agua cuando hay rompimiento del gel (Hernández, 2004).

Así mismo se puede mencionar que otros factores que pueden ayudar en la disminución de la sinéresis, pueden ser: el uso de estabilizantes (Castro, 2013), homogenización de la mezcla (distintos ingredientes), escogencia adecuada en la variedad de los cultivos lácteos y un buen monitoreo del proceso de fermentación (Tamine y Robinson, 1991).

### **5.3. DENSIDAD**

Los valores obtenidos de la densidad son similares a los reportados por Hernández (2004) para yogures con bajo contenido de grasa y adicionados con

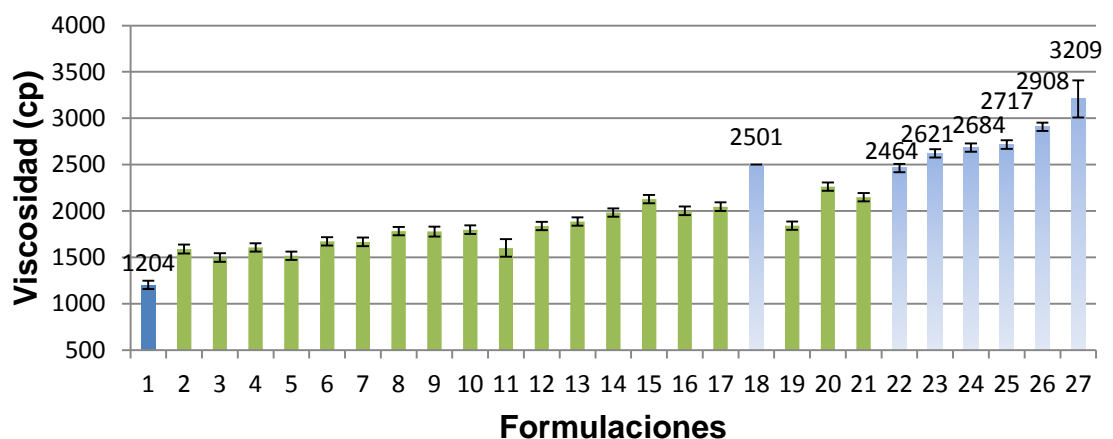
fibra (1,000-1,050 g/ml). Es importante mencionar, que estos valores de densidad se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la Empresa para yogur descremado 1,030 – 1,050 g/ml.

El análisis de varianza realizado sobre la densidad, indica que hubo diferencias significativas entre los factores (leche en polvo, caseína y fibra soluble), ( $p < 0,05$ ). Este aumento en densidad se debe a un yogur más rico en sólidos, aportados por los tres factores analizados. Según el análisis estadístico Multivariado, el nivel intermedio y superior de la fibra aporta exactamente lo mismo a la densidad del yogur.

#### 5.4. VISCOSIDAD

En la Figura 4, se pueden apreciar los valores para la viscosidad. Se resaltan las formulaciones con mayor viscosidad y el control (formulación 1). Los resultados obtenidos son significativamente altos en comparación con los reportados por Aguirre (2002), (140-1992 cp), pero bajos con respecto a los reportados por Díaz *et al.* (2004), (4000-8000 cp). Hay que recordar que en el plan de calidad de la empresa, el valor de referencia es mayor o igual a 650cp

**Figura 4. Viscosidad para las 27 formulaciones.**



El análisis de varianza de la viscosidad, arrojó diferencias significativas entre los factores leche en polvo, caseína y fibra soluble ( $p < 0,05$ ). Se puede apreciar una tendencia generalizada en el aumento de la viscosidad en todas las formulaciones, en parte por la presencia de fibra soluble y de leche en polvo, en sus niveles intermedios y más altos (formulaciones 18, y de la 23 a la 27). Del mismo modo, la caseína en su nivel superior (formulaciones del número 22 al 27), coincidiendo con Tamine y Robinson (1991). Ellos afirman que la consistencia/viscosidad del yogur está directamente relacionada con el enriquecimiento de este tipo de proteínas en la leche. Otros tratamientos, que según la literatura podrían aportar a la mejora de la viscosidad son: la homogenización de la mezcla, un buen tratamiento térmico, rompimiento del coágulo a baja velocidad, cuidado del transporte del yogur de un lugar a otro, el tipo de cultivo utilizado y el enriquecimiento y/o concentración de la leche por evaporación, ultrafiltración u ósmosis inversa (Tamine y Robinson, 1991).

## **5.5. REFRACTOMETRÍA**

Los datos arrojados por el refractómetro se encontraron entre 9,3 y 9,7 °Brix. Estos se determinaron exclusivamente para controlar y verificar que el producto cumpliera con los parámetros característicos del yogur descremado. Además se pudo apreciar que los factores no tuvieron influencia en los resultados ya que los valores son aproximadamente similares para todas las formulaciones, posiblemente las pequeñas variaciones se deban a trazas de lactosa en la leche en polvo (Tamine y Robinson, 1991) o quizás ocasionadas por diferencias durante el proceso fermentativo (transformación de lactosa en ácido láctico por acción de las bacterias), (Vargas, 2013). La caseína y la fibra soluble no aportan azúcares.

## **5.6. PH**

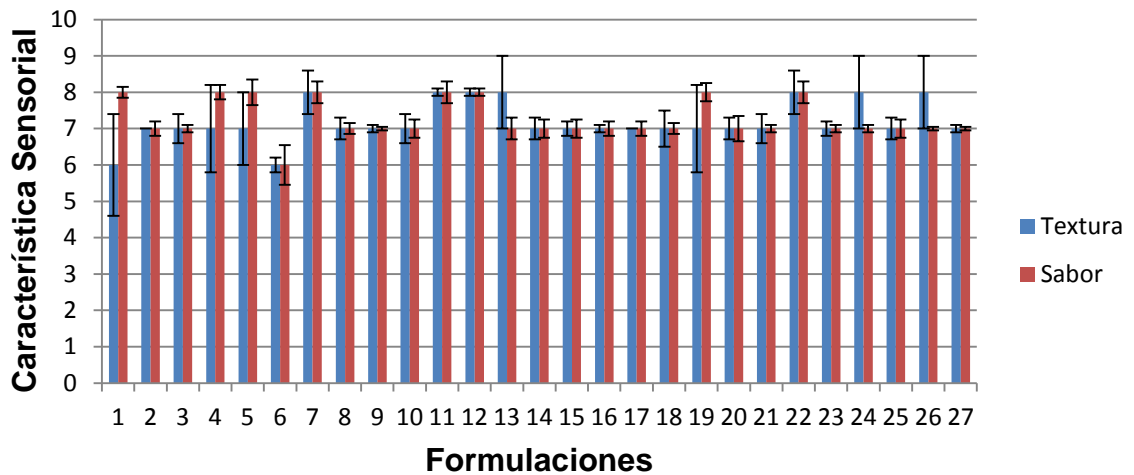
El pH es otro parámetro de control, ya que suministra información del trabajo de los microorganismos que se encuentran en el sistema. Además, el rango óptimo propuesto por la empresa para yogur descremado indica el momento en el que la fermentación termina (aprox. 5h). Los valores de pH en el momento en que se interrumpió la acción del cultivo estuvieron entre 4,55 y 4,60. Las pequeñas diferencias en la acidificación del yogur se pueden atribuir a desfases de tiempo en la interrupción de la producción de ácido láctico por parte de las bacterias lácteas (del orden de 5 a 10 min aprox.).

## **5.7 ANÁLISIS SENSORIAL (SABOR, TEXTURA Y COLOR)**

En el análisis sensorial se usó una escala hedónica de 9 puntos. Para el color no hubo variaciones y los jueces le otorgaron la máxima calificación de la escala hedónica para todas las formulaciones.

Los valores del análisis sensorial (sabor y textura) se muestran en la Figura 5 (la formulación 1 es el control). Allí se puede apreciar que todos sobrepasan el umbral de Aceptable (puntaje: 6). Estadísticamente no hubo diferencias significativas para ningún factor, ni en sabor, ni en textura, atribuyendo que las características organolépticas son bastante subjetivas a gustos personales.

**Figura 5. Análisis sensorial para las 27 formulaciones (Sabor y Textura).**



Los panelistas aportaron algunas observaciones. Por sabor: sabor insípido, poco dulce, sabor poco agradable, buen sabor, sabor agradable, dulce en su punto, sabor distinto al del yogur tradicional, entre las más mencionadas; posiblemente debido al sabor que aporta el endulzante (stevia). Por textura: demasiado viscoso, demasiado cremoso, baja viscosidad, normal, presencia de suero, muy bueno, refrescante, etc.; sensaciones probablemente estimuladas por la viscosidad y la sinéresis presente en el yogur.

Se afirma que el tamaño de población encuestada es muy pequeño para tomar decisiones y conclusiones con este parámetro, se sugiere para próximos proyectos plantear un estudio estadístico con una cantidad de personas mayor a 100, no pudiéndose hacer en la presente práctica por cuestiones de logística, de tiempo y disposición de personal.

### **5.8. ESTABILIDAD EN EL TIEMPO**

Como ya se había mencionado en la metodología, por disposición de espacios, reactivos y equipos, el estudio de vida útil se realizó solamente para la muestra

control y dos de las mejores formulaciones. Las muestras fueron almacenadas en recipientes de plástico a 5 (+/-2) °C. A pesar de que la mayoría de éstas mostraron buenos resultados, se escogieron las dos que presentaron menor grado de sinéresis, más alta densidad y viscosidad. Estas se lograron con la concentración intermedia y superior de leche en polvo y con la concentración superior de proteína y fibra soluble (formulaciones 24 y 27). En la Tabla 6, se reportan los resultados promedio entre el ensayo original y su réplica.

**Tabla 6. Resultados del Análisis de Vida Útil.**

Formulación	Día	Sinéresis (%)	Grasa (%)	Densidad (g/ml)	Viscosidad (cp)	Refractometría (°B)	pH	Análisis Sensorial		
								Color	Textura	Sabor
1	0	53,2 +/-2	0,60 +/-0	1,036 +/-0,001	1204 +/-46	9,5 +/-0,1	4,62 +/- 0,01	9 +/-0	7 +/-1,4	8 +/-0,2
	15	58,4 +/-2,1	0,60 +/-0	1,034 +/-0,000	987 +/-106	9,3 +/-0,1	4,59 +/- 0,02	9 +/-0	6 +/-0,9	8 +/-0,1
	30	69,1 +/-4	0,60 +/-0	1,034 +/-0,008	850 +/-57	9,0 +/-0,3	4,45 +/- 0,02	8 +/-1	6 +/-0,4	7 +/-0,6
24	0	40,0 +/-1,4	0,60 +/-0	1,050 +/-0,000	2684 +/-45	9,5 +/-0,1	4,59 +/- 0,02	9 +/-0	8 +/-1,0	7 +/-0,1
	15	41,2 +/-1,7	0,65 +/-0,05	1,047 +/-0,001	2602 +/-142	9,1 +/-0,3	4,56 +/- 0,00	9 +/-0	7 +/-0,8	7 +/-0,4
	30	48,8 +/-3	0,60 +/-0	1,051 +/-0,001	2479 +/-201	8,7 +/-0,5	4,42 +/- 0,04	9 +/-0	7 +/-0,9	6 +/-0,2
27	0	39,1 +/-0,6	0,65 +/-0	1,052 +/-0,002	3209 +/-201	9,5 +/-0,1	4,58 +/- 0,02	9 +/-0	7 +/-0,0	7 +/-0,1
	15	41,0 +/-0,5	0,65 +/-0,05	1,052 +/-0,002	3045 +/-96	9,4 +/-0,1	4,51 +/- 0,00	9 +/-0	7 +/-0,6	7 +/-0,3
	30	45,9 +/-1,9	0,65 +/-0	1,049 +/-0,003	2989 +/-195	9,0 +/-0,4	4,41 +/- 0,04	9 +/-0	7 +/-0,7	6 +/-0,1

Los resultados obtenidos indican que conforme aumenta el tiempo de almacenamiento, el grado de sinéresis también aumenta. Para la formulación control (formulación 1) se observa el mayor aumento que fue del 30%, para la formulación 24 de 20% y para la formulación 27 de 17% (todas en 30 días). Se observa que las formulaciones 24 y 27 son más estables que la formulación control debido a los aditamentos agregados. Además, se observa que la

formulación 27 es más estable que la 24 debido a un nivel más alto de leche en polvo adicionado, ya que esta confiere al yogur una mayor cantidad de sólidos (Tamine y Robinson, 1991). Particularmente la presencia de sinéresis (mayoritariamente para la formulación control) se debe a que el gel formado presenta modificaciones estructurales, desestabilidad de los componentes y pérdida de retención de agua por parte de los mismos, como resultado del rompimiento del gel por una fuerza externa (mezcla); generando así, la separación de fases, que con el pasar del tiempo se ve más notoria (Díaz *et al.*, 2004). Otros posibles factores causantes de la sinéresis pueden ser: la pérdida de cadena de frío en ocasiones cuando se manipulan las muestras para la caracterización de las propiedades fisicoquímicas, la falta de homogenización de la mezcla con todos los ingredientes, la ausencia de grasa por ser un yogur descremado y la temperatura de incubación un tanto heterogénea (en la literatura este fenómeno se le atribuye al uso de yogurteras eléctricas, ya que no calientan uniformemente la mezcla), (Vargas, 2013).

La grasa no presenta variaciones ni alteraciones importantes a través del tiempo. Del mismo modo se comporta la densidad, sin sufrir cambios significativos en el estudio de vida útil.

En la Tabla 6, se puede apreciar que la viscosidad tiende a disminuir con el tiempo en una mayor proporción para la formulación control con un valor de 41%, 8% para la formulación 24 y 7% para la formulación 27, (todas en 30 días). Este fenómeno se ve reflejado en pérdida de consistencia, e internamente en pérdida de firmeza de la matriz proteica, debido al aumento de expulsión de suero; en pocas palabras al aumentar la sinéresis la viscosidad disminuye. Con el pasar del tiempo la viscosidad del yogur control (formulación 1), sigue siendo inferior con respecto a los otros dos y sin encontrarse ningún valor fuera de parámetros.

La refractometría y el pH se ven influenciados en el tiempo por la actividad residual de algunas bacterias lácteas que no están desactivadas completamente, aún en refrigeración, y siguen transformando los azúcares presentes en ácido láctico.

Del análisis sensorial se puede observar una ligera disminución en los valores de textura, sabor y color a través del tiempo, pero aun así las formulaciones permanecen con calificación Aceptable. Sin embargo, en color y textura, la formulación control finalizó con un punto más abajo que las otras dos formulaciones.

## 5.9 ANÁLISIS ECONÓMICO

A continuación se detalla el costo adicional en el que influyen los factores en el yogur, para las dos mejores formulaciones.

**Tabla 7. Costos en pesos de las formulaciones 24 y 27**

Ingrediente	Costo(\$)/gramo	Formulación 24		Formulación 27	
		Cantidad (g)	Costo (\$)	Cantidad (g)	Costo (\$)
Leche en Polvo	5,7	2g	11,4	4g	22,8
Caseína en Polvo	42,1	1,33g	56	1,33g	56
Fibra soluble	17,6	10g	176	10g	176

Para 1L de yogur, el costo adicional de la leche en polvo, caseína y fibra soluble de la formulación 24 sobre la formulación base fue de \$243,4 y el costo adicional de la formulación 27 sobre la formulación base fue de \$254,8. Se puede observar que la formulación 27 es un 5% más costosa que la formulación 24, consecuencia de un nivel más alto de leche en polvo adicionado. Los costos están actualizados a enero de 2015.

## 6. CONCLUSIONES

- La planta de producción de Freskaleche-Bucaramanga, brindó la oportunidad de adquirir diversos conocimientos en manipulación de leche y la fabricación de sus derivados lácteos, maniobra de equipos para el control y supervisión de procesos y el análisis de las propiedades fisicoquímicas en los laboratorios de calidad e investigación y desarrollo, facilitando de esta manera cumplir uno de los objetivos de la práctica empresarial, que se basó en la elaboración de un yogur novedoso: bajo en grasa, deslactosado y endulzado con *stevia*.
- La inclusión de leche en polvo, caseína y fibra soluble, influyó en las mejoras a los defectos fisicoquímicos propios de este tipo de yogur: reducción significativa de sinéresis aproximada del 26% en comparación con la formulación control y aumento de la viscosidad de hasta 166%, también con respecto a la formulación control. Densidad, grasa, pH, refractometría y las características sensoriales estuvieron dentro de los parámetros establecidos por la reglamentación de Freskaleche S.A. Productos con estabilidad en el tiempo.
- La formulación control tuvo un sobrecosto de \$243,4 y \$254,8 con respecto a la formulación 24 y 27 respectivamente. La formulación 24 obtuvo un costo adicional 5% menor que el de la formulación 27, además las características fisicoquímicas de las dos formulaciones son similares, estas afirmaciones nos permitieron seleccionar la formulación 24 como la mejor opción.

## BIBLIOGRAFÍA

AGUIRRE, S. Evaluación del efecto de adición de calcio y reducción del nivel de grasa en las propiedades físicas, químicas y sensoriales del yogur. Tesis de licenciatura. Universidad de las Américas, Puebla. México. 2002.

ALATRISTE, K., J. Efecto de la adición de fibra y calcio en un yogurt con sabor. Tesis de licenciatura. Universidad de las Américas, Puebla. México. 2002.

AMÉRICA ECONOMÍA (Análisis y opinión), El boom del consumo de yogurt en Latinoamérica (2012) [ONLINE] Disponible en: [americaeconomia.com](http://americaeconomia.com), consulta 1 de septiembre 2014.

ARISTIZABAL, Liliana, LAMUS, Faustina, (2007), Reformulación del plan estratégico de Freskaleche S.A. 2007-2012, Bucaramanga, Colombia, Universidad Industrial de Santander.

CASTRO, wilkerman's. Funcionalidad de la mezcla proteína-Goma en la estabilidad de un yogurt de bajo contenido calórico. Universidad del Zulia, Maracaibo. Venezuela. 2013.

CONTEC, Ingenieros consultores. Curso de capacitación principios básicos de lechería – fabricación de yogurt y arequipe. Bucaramanga. Freskaleche S.A. 2002.

DÍAZ JIMÉNEZ, B., SOSA MORALES, M., E., VÉLEZ RUÍZ, J., F. Efecto de la adición de fibra y la disminución de grasa en las propiedades fisicoquímicas del yogurt. Revista Mexicana de ingeniería química. Universidad de las Américas, Puebla. México. 2004.

EMPRESAS GENERADORAS, Actividades empresariales, Freskaleche (2014) [ONLINE] Disponible en: Vanguardia.com, consulta 1 de septiembre 2014.

ESCUELA SUPERIOR INTEGRAL DE LECHERÍA. Curso de capacitación, introductorio de lechería. Bucaramanga, Freskaleche S.A. 2005.

GARCÍA ZAMBRANO, Janneth Lucia. Valoración de la calidad del yogur elaborado con distintos niveles de fibra de trigo. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. Ecuador. 2008.

HERNANDEZ ALARCON, Elizabeth. Evaluación Sensorial. Universidad Nacional Abierta y a Distancia –UNAD- Bogotá, 2005.

HERNANDEZ CARRANZA, Paola. Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y reológicas de yogurt bajo en grasa enriquecido con fibra y calcio de yogurt. Colección de tesis digitales de la Universidad de las Américas, Puebla. México. 2004.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos, BAPTISTA LUCIO, Pilar. Metodología de la investigación. México D.F.: McGraw-Hill, 2007. p. 158 - 198.

LOZANO VALDÉZ, Anny Katherine. Elaboración de un producto alimenticio a base Morinda Citrifolia. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga. 2012. Ministerio de la Protección Social. Decreto número 616:2006, Leches. Colombia. 2006.

MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Resolución número 333:2011, Rotulado. Colombia. 2011.

MINISTERIO DE SALUD. Resolución número 11961:1989, Fermentados. Colombia. 1989.

MINISTERIO DE SALUD. Resolución número 2310:1986, Derivados. Colombia. 1986.

MOLINA CHEW, Irma Sucel. Comparación de tres estabilizantes comerciales utilizados en la elaboración de yogurt de leche descremada de vaca. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 2009.

MORENO CASTILLO, Vivian Julissa. Efecto de tres concentraciones de grasa y dos niveles de acidez en un yogur estilo griego. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 2013.

NORMA TÉCNICA ANDINA. Leche larga vida, requisitos.PNA16:2007. Ecuador. 2007.

NOVOA CASTRO, Carlos Fernando. Generalidades sobre la elaboración de derivados lácteos. Bogotá, Servicio Nacional de aprendizaje "SENA". 1987.

SENDRA, E., KURI, V., FERNANDEZ-LÓPEZ, J., SAYAS-BARBERÁ, E., NAVARRO, C., PÉREZ-ÁLVAREZ J.A. Viscoelastic properties of orange fiber enriched yogurt as a function of fiber dose, size and thermal treatment. LWT – Food Science and Technology. ELSERVIER. 2010.

STEVIA LA BOLIVIANITA, ¿Qué es la stevia? (2012) [ONLINE] Disponible en: [stevia.com.bo](http://stevia.com.bo), consulta 15 de septiembre 2014.

TAMINE, A., Y., Y ROBINSON, R., K. Yogur, ciencia y tecnología. España, Zaragoza.: Acribia S.A, 1991. 364 p.

VARGAS LEON, Katherine Fernanda. Causas determinantes para que se produzca el efecto sinéresis en la elaboración de yogurt a base de frutas y las posibles consecuencias que provoque de su ingesta en el Cantón Huaquillas, en el mes de noviembre del año 2013. Ecuador, Universidad Técnica de Machcala. 2013

ZELA, Jesús María. Dirección general de promoción agraria. Aspectos nutricionales y tecnológicos de la leche. Perú, Ministerio de agricultura. 2005. 60 p.

## ANEXOS

### Anexo A. Formulaciones (Factores y los niveles escogidos)

<b>Formulación 1 (Control)</b> Sin Leche en Polvo Sin caseína sin Fibra Soluble	<b>Formulación 2</b> Sin Leche en Polvo Sin caseína 5g/L	<b>Formulación 3</b> Sin Leche en Polvo Sin caseína 10g/L
<b>Formulación 4</b> 2,0g/L Sin caseína sin Fibra Soluble	<b>Formulación 5</b> 2,0g/L Sin caseína 5g/L	<b>Formulación 6</b> 2,0g/L Sin caseína 10g/L
<b>Formulación 7</b> 4,0g/L Sin caseína sin Fibra Soluble	<b>Formulación 8</b> 4,0g/L Sin caseína 5g/L	<b>Formulación 9</b> 4,0g/L Sin caseína 10g/L
<b>Formulación 10</b> Sin Leche en Polvo 0,66g/L sin Fibra Soluble	<b>Formulación 11</b> Sin Leche en Polvo 0,66g/L 5g/L	<b>Formulación 12</b> Sin Leche en Polvo 0,66g/L 10g/L
<b>Formulación 13</b> 2,0g/L 0,66g/L sin Fibra Soluble	<b>Formulación 14</b> 2,0g/L 0,66g/L 5g/L	<b>Formulación 15</b> 2,0g/L 0,66g/L 10g/L
<b>Formulación 16</b> 4,0g/L 0,66g/L sin Fibra Soluble	<b>Formulación 17</b> 4,0g/L 0,66g/L 5g/L	<b>Formulación 18</b> 4,0g/L 0,66g/L 10g/L
<b>Formulación 19</b> Sin Leche en Polvo 1,33g/L sin Fibra Soluble	<b>Formulación 20</b> Sin Leche en Polvo 1,33g/L 5g/L	<b>Formulación 21</b> Sin Leche en Polvo 1,33g/L 10g/L
<b>Formulación 22</b> 2,0g/L 1,33g/L sin Fibra Soluble	<b>Formulación 23</b> 2,0g/L 1,33g/L 5g/L	<b>Formulación 24</b> 2,0g/L 1,33g/L 10g/L
<b>Formulación 25</b> 4,0g/L 1,33g/L sin Fibra Soluble	<b>Formulación 26</b> 4,0g/L 1,33g/L 5g/L	<b>Formulación 27</b> 4,0g/L 1,33g/L 10g/L

**Anexo B. Formato para la encuesta de la evaluación sensorial.**



**Evaluación Sensorial Yogur Especial**

Frente a usted hay una muestra con yogur, pruebe y emita su juicio: Indique cuanto gusta o disgusta cada atributo, marcando con una X  
Esperamos una expresión honesta de su sensación

Método: Escala Hedónica

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Tratamiento: \_\_\_\_\_

	Sabor	Textura (visual y gusto)	Color
9.Me gusta Muchísimo			
8.Me gusta Mucho			
7.Me gusta Moderadamente			
6.Me gusta Poco			
5.Ni me gusta/Ni me disgusta			
4.Me disgusta Poco			
3.Me disgusta Moderadamente			
2.Me disgusta Mucho			
1.Me disgusta Muchísimo			

Observaciones: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Gracias por su Colaboración!

## Anexo C. Análisis Factorial

Se presenta el análisis de varianza Multifactorial y la prueba tukey que sirve para probar si hay diferencias entre las medias de los distintos tratamientos. Se resalta en el análisis de varianza con el color verde las propiedades fisicoquímicas donde Si hubo diferencias significativas y con roja en donde No.

### Modelo lineal general

Modelo lineal general:  $\mu$  (cp); Sabor/textur; ... vs. Leche en Pol; Proteína: Ca

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Leche en Polvo	fijo	3	0; 2; 4
Proteína: Caseína	fijo	3	0,00; 0,66; 1,33
Fibra Soluble	fijo	3	0; 5; 10

### Análisis de varianza para viscosidad

Análisis de varianza para  $\mu$  (cp), utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Leche en Polvo	2	2771782	2771782	1385891	44,92	0,000
Proteína: Caseína	2	8069092	8069092	4034546	130,77	0,000
Fibra Soluble	2	654628	654628	327314	10,61	0,000
Error	47	1450062	1450062	30852		
Total	53	12945564				

S = 175,648    R-cuad. = 88,80%    R-cuad.(ajustado) = 87,37%

Observaciones inusuales de  $\mu$  (cp)

Obs	$\mu$ (cp)	Ajuste	EE de ajuste	Residuo	Residuo estándar
27	3409,00	2946,20	63,24	462,80	2,82 R
29	1639,00	1299,43	63,24	339,57	2,07 R
45	2795,00	2405,31	63,24	389,69	2,38 R
46	1795,00	2122,98	63,24	-327,98	-2,00 R

R denota una observación con un residuo estandarizado grande.

## Análisis de varianza para la característica sensorial (Sabor/Textura)

Análisis de varianza para Sabor/textura, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Leche en Polvo	2	0,8104	0,8104	0,4052	2,64	0,082
Proteína: Caseína	2	0,1204	0,1204	0,0602	0,39	0,677
Fibra Soluble	2	2,4048	2,4048	1,2024	7,85	0,001
Error	47	7,2037	7,2037	0,1533		
Total	53	10,5393				

S = 0,391497 R-cuad. = 31,65% R-cuad. (ajustado) = 22,92%

Observaciones inusuales de Sabor/textura/color

Obs	Sabor/textura/color	Ajuste	EE de ajuste	Residuo	Residuo estandar
21	6,40000	7,13704	0,14096	-0,73704	-2,02 R
33	6,20000	7,09259	0,14096	-0,89259	-2,44 R
39	8,10000	7,22037	0,14096	0,87963	2,41 R

R denota una observación con un residuo estandarizado grande.

## Análisis de varianza para sinéresis

Análisis de varianza para Sinéresis (%), utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Leche en Polvo	2	111,108	111,108	55,554	24,20	0,000
Proteína: Caseína	2	271,154	271,154	135,577	59,05	0,000
Fibra Soluble	2	107,288	107,288	53,644	23,37	0,000
Error	47	107,905	107,905	2,296		
Total	53	597,455				

S = 1,51521 R-cuad. = 81,94% R-cuad. (ajustado) = 79,63%

Observaciones inusuales de Sinéresis (%)

Obs	Sinéresis (%)	Ajuste	EE de ajuste	Residuo	Residuo estandar
-----	---------------	--------	--------------	---------	------------------

1	55,2000	51,5722	0,5455	3,6278	2,57	R
29	45,9000	49,5000	0,5455	-3,6000	-2,55	R

R denota una observación con un residuo estandarizado grande.

## Análisis de varianza para Densidad

Análisis de varianza para Densidad (g/ml), utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Leche en Polvo	2	0,0000698	0,0000698	0,0000349	13,25	0,000
Proteína: Caseína	2	0,0001703	0,0001703	0,0000852	32,34	0,000
Fibra Soluble	2	0,0006481	0,0006481	0,0003241	123,05	0,000
Error	47	0,0001238	0,0001238	0,0000026		
Total	53	0,0010120				

S = 0,00162283    R-cuad. = 87,77%    R-cuad. (ajustado) = 86,21%

Observaciones inusuales de Densidad (g/ml)

Obs	Densidad (g/ml)	Ajuste	EE de ajuste	Residuo	Residuo estándar
13	1,04300	1,03978	0,00058	0,00322	2,13 R
43	1,04500	1,04133	0,00058	0,00367	2,42 R
44	1,04500	1,04839	0,00058	-0,00339	-2,24 R
53	1,05500	1,05089	0,00058	0,00411	2,72 R

R denota una observación con un residuo estandarizado grande.

**Comparaciones por parejas de Tukey: Respuesta = Densidad (g/ml),  
Término = Leche en polvo**

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Leche en

Polvo	N	Media	Agrupación
4,0	18	1,04644	A
2,0	18	1,04489	B
0,0	18	1,04367	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

**Comparaciones por parejas de Tukey: Respuesta = Densidad (g/ml),  
Término = Proteína: Caseína**

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Proteína:

Caseína	N	Media	Agrupación
1,33	18	1,04728	A
0,66	18	1,04478	B
0,00	18	1,04294	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

**Comparaciones por parejas de Tukey: Respuesta = Densidad (g/ml),  
Término = Fibra soluble**

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Fibra

Soluble	N	Media	Agrupación
10,0	18	1,04772	A
5,0	18	1,04717	A
0,0	18	1,04011	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

**Comparaciones por parejas de Tukey: Respuesta = Sinéresis (%),  
Término = Leche en polvo**

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Leche en

Polvo	N	Media	Agrupación
0,0	18	47,0000	A
2,0	18	44,8278	B
4,0	18	43,5222	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

**Comparaciones por parejas de Tukey: Respuesta = Sinéresis (%),  
Término = Proteína: Caseína**

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Proteína:

Caseína	N	Media	Agrupación
0,00	18	47,8556	A
0,66	18	45,1278	B
1,33	18	42,3667	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

**Comparaciones por parejas de Tukey: Respuesta = Sinéresis (%),  
Término = Fibra soluble**

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Fibra

Soluble	N	Media	Agrupación
0,0	18	46,9500	A
5,0	18	44,8778	B
10,0	18	43,5222	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

**Comparaciones por parejas de Tukey: Respuesta = Sabor/textura,  
Término = Leche en Polvo**

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Leche en

Polvo	N	Media	Agrupación
0,0	18	7,45556	A
2,0	18	7,30000	A
4,0	18	7,15556	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

**Comparaciones por parejas de Tukey: Respuesta = Sabor/textura,  
Término = Proteína: Caseína**

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Proteína:

Caseína	N	Media	Agrupación
0,00	18	7,35000	A
0,66	18	7,32222	A
1,33	18	7,23889	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

**Comparaciones por parejas de Tukey: Respuesta = Sabor/textura,  
Término = Fibra soluble**

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Fibra

Soluble	N	Media	Agrupación
0,0	18	7,56667	A
5,0	18	7,29444	A B
10,0	18	7,05000	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

**Comparaciones por parejas de Tukey: Respuesta =  $\mu$  (cp),  
Término = Leche en Polvo**

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Leche en

Polvo	N	Media	Agrupación
4,0	18	2311,94	A
2,0	18	2062,28	B
0,0	18	1757,89	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

**Comparaciones por parejas de Tukey: Respuesta =  $\mu$  (cp),  
Término = Proteína: Caseína**

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Proteína:

Caseína	N	Media	Agrupación
1,33	18	2538,83	A
0,66	18	1997,94	B
0,00	18	1595,33	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

**Comparaciones por parejas de Tukey: Respuesta =  $\mu$  (cp),  
Término = Fibra Soluble**

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Fibra

Soluble	N	Media	Agrupación
10,0	18	2183,50	A
5,0	18	2034,28	B
0,0	18	1914,33	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.