

**Evaluación de tres combinaciones de  
antioxidantes en puré de banano y su efecto  
en las propiedades físico-químicas y  
sensoriales en yogur del mismo sabor**

**Carlos Roberto Peña Peña**

**Zamorano, Honduras**

Diciembre, 2009

ZAMORANO  
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

**Evaluación de tres combinaciones de  
antioxidantes en puré de banano y su efecto  
en las propiedades físico-químicas y  
sensoriales en yogur del mismo sabor**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria en el  
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Carlos Roberto Peña Peña**

**Zamorano, Honduras**

Diciembre, 2009

# **Evaluación de tres combinaciones de antioxidantes en puré de banano y su efecto en las propiedades físico-químicas y sensoriales en yogur del mismo sabor**

Presentado por:

Carlos Roberto Peña Peña

Aprobado:

---

Luis Fernando Osorio, Ph.D.  
Asesor Principal

---

Luis Fernando Osorio, Ph.D.  
Director  
Carrera de Agroindustria Alimentaria

---

Flor Nuñez, M.Sc.  
Asesora

---

Raúl Espinal, Ph.D.  
Decano Académico

---

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.  
Rector

## RESUMEN

Peña, C. 2009. Evaluación de tres combinaciones de antioxidantes en puré de banano y su efecto en las propiedades físico-químicas y sensoriales en yogur del mismo sabor. Proyecto de graduación del programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 39 p.

El yogur es un producto lácteo obtenido por la acidificación de la leche mediante las bacterias *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*. El objetivo del presente estudio fue evaluar tres combinaciones de antioxidantes en puré de banano y su efecto en las propiedades físico-químicas y sensoriales en yogur del mismo sabor. Se utilizó un arreglo de parcelas divididas con el diseño experimental de BCA, en el cual los dos tipos de inmersión (ácido cítrico + agua y agua solamente) representaban el primer nivel y los tratamientos (control, ácido cítrico + ácido ascórbico, ácido cítrico + metabisulfito de sodio y ácido ascórbico + metabisulfito de sodio) representaban el segundo nivel. Se realizaron tres repeticiones, los cuales constituían los bloques, obteniendo un total de 24 unidades experimentales. En cada tratamiento se evaluó sensorialmente la apariencia, aroma, viscosidad, sabor, acidez y aceptación general mediante un análisis de aceptación, con un panel de 12 personas no entrenadas. En cada tratamiento se evaluó la viscosidad y color. Las características químicas evaluadas fueron pH y ATECAL. Así mismo, se realizaron análisis microbiológicos para determinar conteo de coliformes totales y mohos y levaduras de cada tratamiento. Los tratamientos más aceptados sensorialmente fueron ácido cítrico + metabisulfito de sodio y ácido ascórbico + metabisulfito de sodio, lo que indica que el metabisulfito de sodio fue determinante en la aceptación. Sin embargo de acuerdo a los análisis físicos de color todos los tratamientos tuvieron el mismo nivel de luminosidad. En los análisis microbiológicos todos los tratamientos presentaron un conteo microbiano por debajo de lo máximo legal, coliformes totales ( $\leq 10$  UFC/ml) y hongos y levaduras ( $\leq 20$  UFC/ml), lo que indica que es un producto inocuo.

**Palabras clave:** bacterias acidolácticas, pardeamiento enzimático, polifenoloxidasas

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido .....	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	14
5. CONCLUSIONES.....	29
6. RECOMENDACIONES .....	30
7. BIBLIOGRAFÍA.....	31
8. ANEXOS.....	33

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

### Cuadro

1.	Tratamientos Evaluados .....	12
2.	Unidades experimentales en el estudio.....	12
3.	Análisis sensorial por tratamiento para el atributo apariencia.....	14
4.	Análisis sensorial por tipo de inmersión para el atributo apariencia.....	14
5.	Medias de cuadrados mínimos para el efecto Inmersión*Tratamiento .....	15
6.	Análisis sensorial del yogur de cada tratamiento para el atributo aroma .....	15
7.	Análisis sensorial del yogur de cada tipo de inmersión para el atributo aroma .....	16
8.	Medias de cuadrados mínimos para el efecto Inmersión*Tratamiento .....	16
9.	Análisis sensorial del yogur de cada tratamiento para el atributo viscosidad .....	17
10.	Análisis sensorial del yogur de cada tipo de inmersión para el atributo viscosidad ..	17
11.	Medias de cuadrados mínimos para el efecto Inmersión*Tratamiento .....	17
12.	Análisis sensorial del yogur de cada tratamiento para el atributo acidez.....	18
13.	Análisis sensorial del yogur de cada tipo de inmersión para el atributo acidez .....	18
14.	Medias de cuadrados mínimos para el efecto Inmersión*Tratamiento .....	19
15.	Análisis sensorial del yogur de cada tratamiento para el atributo sabor .....	19
16.	Análisis sensorial del yogur de cada tipo de inmersión para el atributo sabor.....	19
17.	Medias de cuadrados mínimos para el efecto Inmersión*Tratamiento .....	20
18.	Análisis sensorial del yogur de cada tratamiento para el atributo aceptación .....	20
19.	Análisis sensorial del yogur de cada tipo de inmersión para el atributo aceptación general .....	21
20.	Medias de cuadrados mínimos para el efecto Inmersión*Tratamiento .....	21
21.	Análisis de color del yogur para cada tratamiento .....	22
22.	Análisis de color del yogur para cada tipo de inmersión .....	22
23.	Medias de cuadrados mínimos para el efecto Inmersión*Tratamiento (valor b*) .....	22
24.	Análisis de viscosidad (Pa.s). del yogur de cada tratamiento.....	23
25.	Análisis de viscosidad (Pa.s) del yogur de cada tipo de inmersión.....	23
26.	Medias de cuadrados mínimos para el efecto Inmersión*Tratamiento .....	24
27.	Análisis de acidez titulable del yogur de cada tratamiento .....	24
28.	Análisis de acidez titulable del yogur de cada tipo de inmersión.....	24
29.	Medias de cuadrados mínimos para el efecto Inmersión*Tratamiento .....	25
30.	Análisis de pH del yogur de cada tratamiento.....	25
31.	Análisis de pH del yogur de cada tipo de inmersión .....	26
32.	Medias de cuadrados mínimos para el efecto Inmersión*Tratamiento .....	26
33.	Análisis microbiológico de coliformes totales .....	27
34.	Análisis microbiológico de Mohos y Levaduras .....	27

35. Análisis de costos marginales.....28

**Figura**

1. Consumo *per cápita* de algunos lácteos en Argentina.....4  
2. Flujo de proceso de puré de banano.....9  
3. Flujo de proceso de yogur..... 10

**Anexo**

1. Formato de evaluación sensorial ..... 33

# 1. INTRODUCCIÓN

La industria láctea actualmente está desarrollando una gran variedad de productos que tratan de satisfacer las expectativas del consumidor, innovando en productos y empaque. El yogur surge como una necesidad de tener un producto que además de ser delicioso sirva como reconstituyente de la flora intestinal, debido a que éste ayuda a la colonización de microorganismos benéficos en el intestino, evitando el crecimiento de microorganismos patógenos y logrando mejor absorción de nutrientes (Luque 2008).

Según el Codex Alimentarius se conoce como yogur a la leche que ha sido fermentada a través de las bacterias: *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*, bajo condiciones de tiempo y temperaturas dadas. “El aroma y sabor del yogur es diferente a los demás productos fermentados, esto se debe principalmente a la presencia de pequeñas cantidades de ácido acético, diacetilo y acetaldehído, este último es producido por el *Lactobacillus bulgaricus*” (Revilla 2000).

Con el objetivo de agradar al consumidor se han elaborado yogures de diferentes sabores, como ser durazno, mango, fresa, etc. El problema con algunas frutas, como ser banano, es que poseen compuestos que al entrar en contacto con oxígeno se tornan en un color indeseable para el consumidor, lo que se conoce como pardeamiento enzimático, afectando así las propiedades organolépticas del yogur. Varios estudios han demostrado que existen antioxidantes que pueden prevenir este problema (Silva y Sarabia 2000).

Según Calvo (2002), el pardeamiento enzimático es una reacción de oxidación en la que interviene el oxígeno molecular como sustrato y es catalizada por enzimas tales como: polifenoloxidasas, fenolasa, etc. En frutas como fresas, manzanas y bananos nos encontramos con el problema del oscurecimiento debido a la presencia de estas enzimas.

El objetivo principal del presente estudio fue determinar la mejor combinación de tres antioxidantes para evitar el pardeamiento enzimático en puré de banano para yogur y evaluar el efecto de los mismos en las propiedades físico-químicas y sensoriales en yogur del mismo sabor.

## 1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La planta de lácteos de Zamorano actualmente elabora yogur con diferentes sabores como ser: fresa, mango y durazno y se pretende elaborar yogur con sabor a banano, sin embargo se presenta el problema que al elaborar la pulpa de banano, ésta toma un color

pardo debido a la presencia de enzimas que al entrar en contacto con el oxígeno forman quinonas y luego melaninas, estas reacciones se conocen como pardeamiento enzimático.

En la presente investigación se trató de combinar diferentes antioxidantes (ácido cítrico, ácido ascórbico y metabisulfito de sodio) para determinar cual combinación actúa mejor en el control del pardeamiento de la pulpa de banano y evaluar si el uso de los mismos no afecta las propiedades físico-químicas y sensoriales del yogur.

## **1.2 ANTECEDENTES**

Silva y Sarabia (2000), realizaron un estudio en el cual demostraron que el pardeamiento enzimático se puede evitar sumergiendo las frutas y vegetales en una solución de agua con algún tipo de antioxidante. El estudio lo realizaron con papas, en el que utilizaron antioxidantes como ser: ácido cítrico, ácido ascórbico, metabisulfito de sodio y sorbato de potasio. Según los resultados obtenidos estos antioxidantes son muy efectivos para inhibir la polifenoloxidasas, principal enzima en la formación de pigmentos en las frutas y vegetales.

Marchart (2007), evaluó el efecto de cuatro tipos de compuestos de actividad inhibidora sobre la polifenoloxidasas de frutos de níspero. Los cuatro compuestos evaluados fueron los siguientes: agentes reductores (ácido ascórbico, pirosulfito de sodio, etc.), sales de haluro (NaCl y NaF), un análogo estructural (tropolona) y un compuesto quelante de cobre (dietil ditiocarbamato de sodio). Los agentes reductores y el análogo estructural resultaron ser fuertes inhibidores aún en bajas concentraciones, mientras que las sales de compuestos halogenados inhiben moderadamente.

## **1.3 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

### **1.3.1 Limitantes del estudio**

- En la Planta Agroindustrial de Investigación y Desarrollo de Zamorano (PAID) se necesita tener balanza analítica para pesar cantidades pequeñas.
- Al inicio no se disponía de los antioxidantes necesarios para llevar a cabo el proyecto.
- No se cuenta con un panel sensorial entrenado que ayude a determinar las características sensoriales ideales para el yogur.
- No se contaba con la cantidad de platos petri necesaria para realizar los análisis microbiológicos.

### **1.3.2 Alcances**

- Desarrollar un yogur con un nuevo sabor (banano) y ampliar así la gama de productos que la planta de productos lácteos de Zamorano ofrece a los consumidores.
- Determinar la mejor combinación de antioxidantes en la prevención del pardeamiento enzimático de puré de banano para yogur.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo General**

- Evaluar tres combinaciones de antioxidantes en puré de banano para evitar pardeamiento enzimático y determinar el efecto de su uso en las propiedades físico-químicas y sensoriales en yogur del mismo sabor.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Determinar que combinación de antioxidantes actúa mejor en el control del pardeamiento enzimático en puré de banano para yogur.
- Medir el efecto de los diferentes antioxidantes en las propiedades físico-químicas y sensoriales en yogur de banano.
- Realizar conteo de coliformes totales y mohos y levaduras para determinar si el producto es apto para el consumo humano.
- Determinar los costos directos de producción del mejor tratamiento.

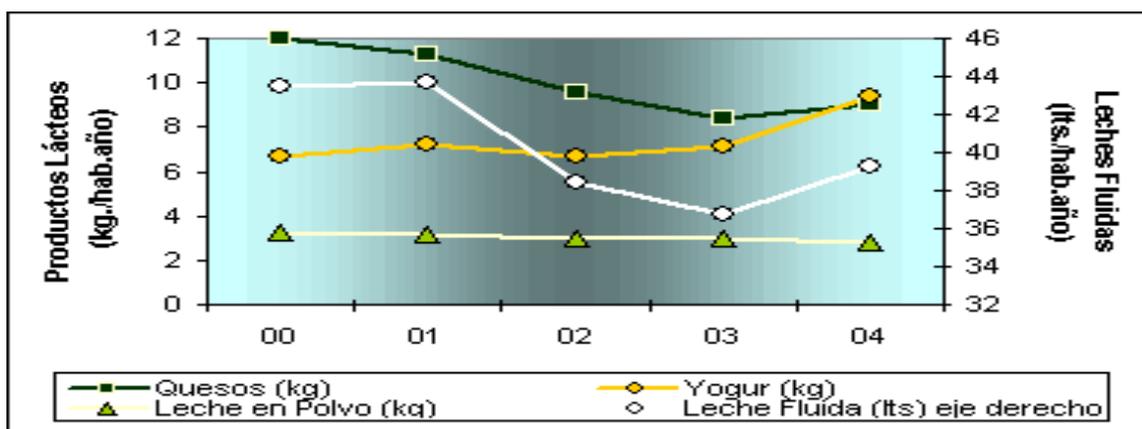
## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 YOGUR

Según Revilla (2000), se conoce como yogur al producto lácteo que se obtiene por medio de la acidificación de leche de vaca, cabra, oveja, camella u otra, a través de las bacterias *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*. Este producto es conocido en casi todo el mundo, al cual se le da diferentes nombres a pesar de que se utiliza el mismo proceso de fermentación.

#### 2.1.1 Mercado del yogur

Según la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos de Argentina, el yogur es uno de los productos más consumidos en el sector lácteo. La estrategia por la cual se ha mantenido es la diferenciación constante, el desarrollo de nuevos productos e innovación en empaques. Las empresas tienden a satisfacer segmentos cada vez más específicos desarrollando productos para niños, jóvenes, deportistas, mujeres y personas adultas. La tendencia actualmente es utilizar el yogur como materia prima para elaborar diferentes productos, como helados o licuados con frutas de varios sabores, así como postres de yogur. El yogur y las leches cultivadas muestran su máximo consumo en el mes de noviembre y diciembre y el mínimo consumo en los meses de junio y julio. Según Schaller (2008), el yogur es actualmente el segundo producto lácteo mas producido en Argentina, como se muestra en la figura 1.



Fuente: Dirección de Industria Alimentaria de Argentina.

Figura 1. Consumo *per cápita* de algunos lácteos en Argentina

## **2.2 PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO**

La polifenoloxidasa (PPO) es la principal enzima que provoca el pardeamiento enzimático en las frutas y vegetales, que al entrar en contacto con el oxígeno molecular producen quinonas a partir de los fenoles, las cuales al polimerizarse forman melaninas y producen una coloración en el producto reduciendo así el valor comercial del mismo, o incluso lo hacen inaceptable para el consumidor. Además de la alteración del color los productos formados pueden reaccionar con las proteínas e insolubilizarlas. Así mismo puede producir una pérdida de nutrientes en los productos, ya que aunque la polifenoloxidasa no oxida directamente el ácido ascórbico, esta vitamina se puede destruir al reaccionar con intermedios de la reacción (Calvo 2001).

Según la FAO (2000), los cuatro aspectos más importantes que el consumidor toma en cuenta al momento de comprar sus frutas y vegetales son: apariencia, sabor, textura y valor nutricional. A través del color, el consumidor se forma la idea de la calidad del producto, por lo tanto este se vuelve determinante para la venta. En las frutas y vegetales el pardeamiento enzimático es la reacción que más afecta el color, ya que estos productos poseen enzimas, como ser polifenoloxidasa, que promueven la formación de pigmentos reduciendo la calidad de los mismos.

### **2.2.1 Quinonas**

Según Martínez (2000), las quinonas son compuestos orgánicos que proceden de la oxidación de fenoles, para obtenerlas se necesita partir de un fenol doble, su oxidación se produce en condiciones muy suaves ya que aunque no son compuestos aromáticos poseen una estructura muy conjugada y estable.

### **2.2.2 Factores pro-oxidantes**

“Son algunas circunstancias que aceleran o provocan el proceso de oxidación, haciendo que las enzimas presentes en las frutas y vegetales se tornen en un color indeseable por el consumidor y además que estos productos pierdan algunas propiedades nutricionales, dentro de estos factores tenemos presión de oxígeno, cuando más concentración de oxígeno exista la reacción de pardeamiento se da mas rápido, otro factor importante es el calor, a mayor temperatura ambiental se encuentra el alimento más rápido se produce la oxidación, por lo que es recomendable mantener los productos a bajas temperaturas” (Cortés 2000).

## **2.3 ANTIOXIDANTES**

“Son sustancias que se agregan a los alimentos con el objetivo de prevenir la oxidación en gran variedad de productos, ya que existen muchos alimentos que al entrar en contacto con oxígeno adoptan una coloración indeseable para el consumidor, además afectan otras propiedades de los mismos. Existen diferentes tipos de antioxidantes según su mecanismo

de acción, utilizar el uno o el otro depende del tipo de industria alimentaria. Los antioxidantes actúan oxidándose ellos en vez de los compuestos fenólicos que se encuentran en las frutas y vegetales, de esta forma evitan que se forme la polimerización de quinonas y con ello la formación de pigmentos. Deben tener la capacidad de no alterar las propiedades de sabor de los alimentos y además ser inocuos” (Cortés 2000).

### 2.3.1 Ácido cítrico

El ácido cítrico con su fórmula química  $C_6H_8O_7$ , actúa bajando el pH del alimento, lo que afecta la enzima polifenoloxidasas, ya que con un pH menor a 4.5 se detecta poca actividad por parte de ésta e incluso se puede llegar hasta una inactivación irreversible de la misma. Otra forma de acción de este ácido es por medio de quelación del cobre, necesario para el funcionamiento de la enzima (Morales 2002). Según la Revista de Alimentos Argentinos, el ácido cítrico es uno de los antioxidantes más usados en la industria de alimentos, el cual tiene diversos usos: regulador de acidez, compuesto aromático, preservante y antioxidante, este ácido se obtiene a partir de un proceso de fermentación de materia prima como ser caña de azúcar, remolacha, hidrolizado de almidón, etc. El organismo encargado de la producción de ácido cítrico es el *Aspergillus niger*, en 1919 se produjo por medio de fermentación superficial y en 1950 se produjo a través de fermentación sumergida, la que resultó mas eficiente.

### 2.3.2 Ácido ascórbico

El ácido ascórbico con fórmula química  $C_6H_8O_6$  además de bajar el pH para inactivar la polifenoloxidasas actúa como agente reductor de quinonas a difenoles, lo que evita la formación de pigmentos oscuros (Morales 2002). Es un ácido de azúcar el cual es muy usado en la industria alimentaria como antioxidante, ya que es muy efectivo como tal, es un producto en polvo o cristales de color blanco- amarillento, se obtiene por medio de fermentación bacteriana a través de derivados de la glucosa.

### 2.3.3 Metabisulfito de sodio

Este antioxidante tiene como fórmula química  $Na_2S_2O_5$  y tiene un efecto inhibidor competitivo sobre la enzima polifenoloxidasas al atrapar los grupos sulfhidrilos del sitio activo de esta enzima (Chaves 2006). Es otro de los antioxidantes usado en varias industrias incluyendo la alimentaria, es muy potente en prevenir el pardeamiento enzimático, por lo que se usa en pequeñas cantidades, varios estudios han demostrado su capacidad antioxidante (Silva y Sarabia 2000). La desventaja de este aditivo es que las personas con problemas respiratorios pueden ser afectadas al consumirlo.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 UBICACIÓN**

El yogur se elaboró en la Planta de Productos Lácteos de Zamorano, los análisis físicos se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ), los análisis sensoriales se realizaron en el Laboratorio de Análisis Sensorial de la Planta Agroindustrial de Investigación y Desarrollo (PAID) y los análisis químicos y microbiológicos se llevaron a cabo en la Planta de Productos Lácteos de Zamorano.

El estudio se llevó a cabo en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano ubicado en el Departamento de Francisco Morazán, 30 km al este de Tegucigalpa, Honduras.

#### **3.2 MATERIALES UTILIZADOS**

##### **3.2.1 Materias Primas**

- Leche estandarizada al 2.5% de grasa.
- Azúcar.
- Leche en polvo.
- Estabilizador para Yogur (UNIESTAB).
- Cultivo láctico Chr.Hansen, Yo Flex 180 (streptococcus salivarius ssp, thermophilus y lactobacillus delbrueckii ssp bulgaricus).
- Sorbato de Potasio.
- Puré de banano.
- Antioxidantes (ácido cítrico, ácido ascórbico y metabisulfito de sodio).
- Galletas de soda.
- Envases para el yogur.
- Sellos para los envases.

##### **3.2.2 Equipo y Utensilios**

- Marmita con camisa para vapor con capacidad de 50 litros.
- Termómetro digital.
- Balanza de tres pesos OHAUS 700 Series 2610 g.

- Balanza NSF 5k-1000 wp 1000g.
- Cámaras de refrigeración 4°C.
- Medio de Crecimiento VRBA.
- Medio de Crecimiento PDA.
- Agua Peptonada.
- Platos petri.
- Incubadora
- Colorflex™ HunterLab, Diffuse model. The color Managment Company®.
- Viscosímetro Brookfield RVDVII Versión 5.1.
- Cubículos (Evaluación sensorial).
- Potenciómetro.
- Enfriador de placas.
- Mezclador de sólidos.
- Homogenizador.
- Pasteurizador por tandas.
- Tina de baño Maria.
- Yogos.
- Balanza Analítica.
- Termómetro > 49 °C
- Vasitos para el yogur.
- Vasos para agua.
- Servilletas.
- Hojas de papel bond.

### 3.3 PROCESO DE ELABORACIÓN DE PURÉ DE BANANO

En la Figura 1 se muestra el proceso de elaboración del puré de banano al cual fueron agregados los antioxidantes de cada tratamiento.

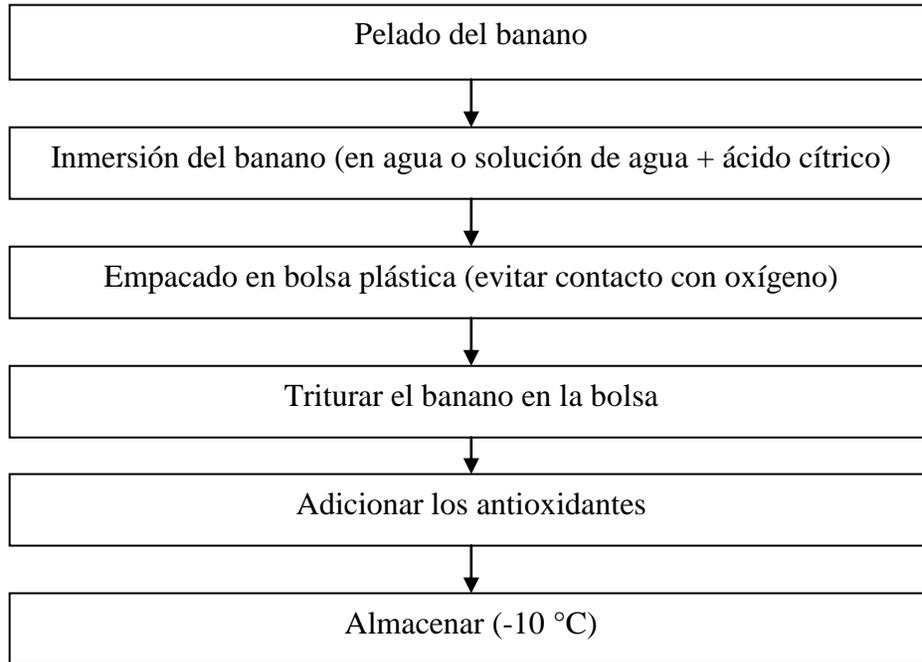


Figura 2. Flujo de proceso de puré de banano

### 3.4 PROCESO DE ELABORACIÓN DE YOGUR

En la Figura 2 se muestra el proceso de elaboración del yogur agregando el puré de banano que fue sometido a diferentes tratamientos con antioxidantes.

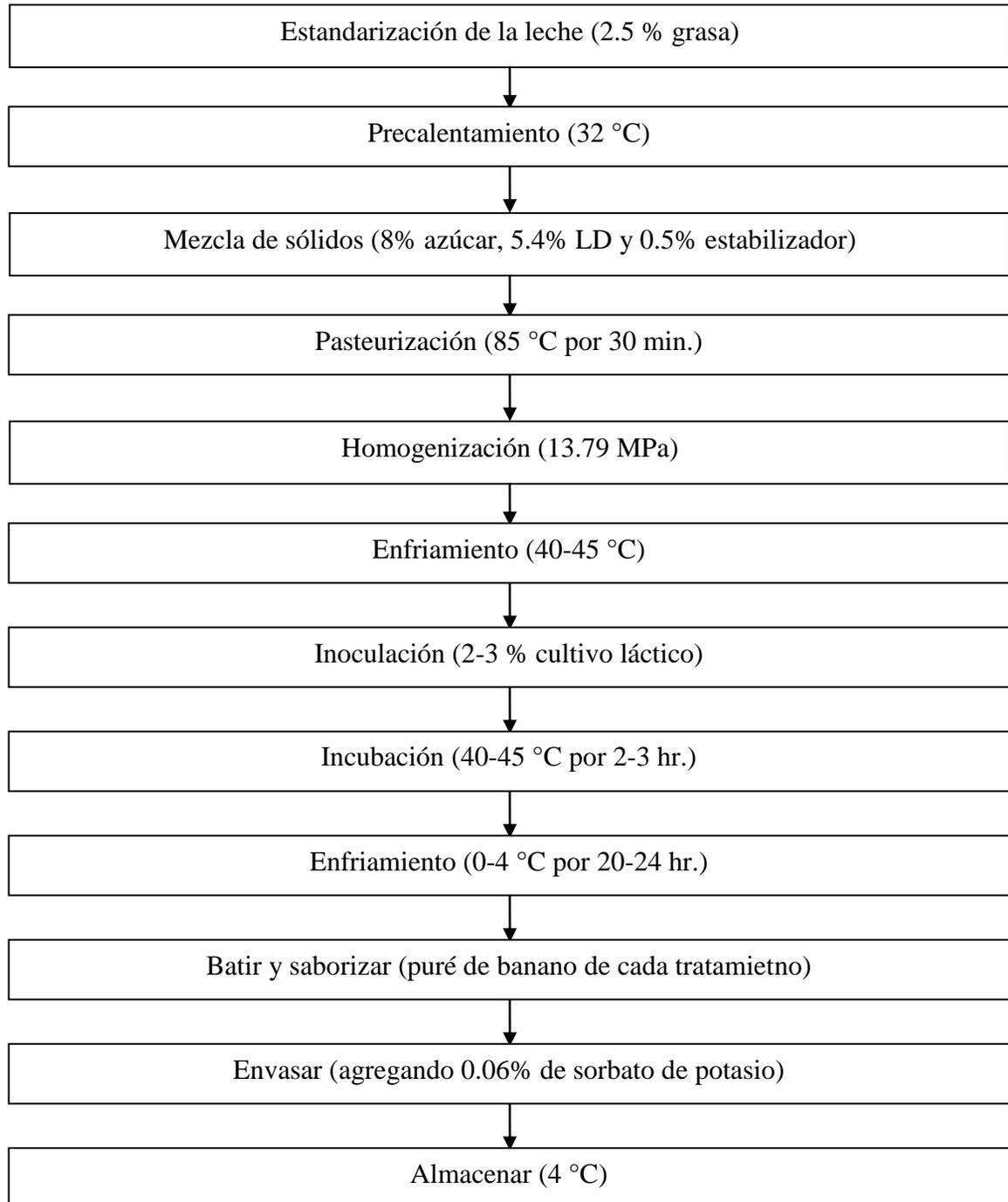


Figura 3. Flujo de proceso de yogur

### **3.5 ANÁLISIS SENSORIAL**

Se realizó un análisis exploratorio de aceptación que se llevó a cabo en el Laboratorio de Análisis Sensorial de La Planta Agroindustrial de Investigación y Desarrollo (PAID) de Zamorano, usando como panel, 12 panelistas no entrenados, consumidores de productos lácteos.

Para realizar el análisis se presentó a cada panelista los cuatro tratamientos y se asignó un número a cada muestra para facilitar la evaluación. Los bloques fueron las repeticiones que se realizaron.

Se empleó una escala hedónica de 5 puntos siendo 1 el menos aceptado y 5 el más aceptado (Anexo1). Las variables evaluadas fueron apariencia, aroma, viscosidad, acidez, sabor, aceptación general.

### **3.6 ANÁLISIS FÍSICOS**

Dentro de los análisis físicos se midieron color y viscosidad del yogur, dichos análisis se realizaron en el laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ). Para el color se utilizó el Colorflex HunterLab® con el método ASTM D1260, evaluando los valores L\*, a\* y b\*; donde el valor de L indica la claridad en una escala de 0-100 siendo cero(0) negro y cien (100) blanco. El valor de a\* mide el espectro visible del verde al rojo, siendo a(-) verde y a (+)rojo. El valor de b\* es de un valor de azul al amarillo, siendo b(-) azul y b (+)amarillo, tanto a\* como b\* utilizan una escala de -60 a 60. Para analizar viscosidad se utilizó el Viscosímetro de Brookfield RVDVII Versión 5.1 acople # 4 por el método ASTM D4016-93 con un resultado promedio de tres repeticiones.

### **3.7 ANÁLISIS QUÍMICOS**

Los análisis químicos realizados a cada tratamiento fueron los siguientes: acidez titulable y pH, los resultados mostrados fueron expresados como el promedio de tres repeticiones, este análisis se realizó en el laboratorio de la Planta de lácteos Zamorano. En este estudio se utilizó el método FIL-IDF- acidez iónica para análisis de pH y FIL 150:1991 para el análisis de acidez titulable.

### **3.8 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS**

Se realizaron análisis de coliformes totales en el Laboratorio de la Planta de Lácteos, usando como medio de crecimiento VRBA, se incubó a una temperatura de 35 °C por 24 horas. También se realizó análisis de mohos y levaduras usando como medio de crecimiento PDA, se incubó a una temperatura de 25 °C por 48 horas. Para ambos se utilizó el método de vertido para la siembra.

### 3.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y DISEÑO EXPERIMENTAL

#### 3.9.1 Tratamientos evaluados

El estudio buscaba determinar la mejor combinación de tres antioxidantes (ácido cítrico 0.05%, ácido ascórbico 0.05% y metabisulfito de sodio 0.01%) y dos tipos de inmersión del banano para la elaboración del puré (inmersión en agua e inmersión en agua mas ácido cítrico) asociados con la calidad físico-química y sensorial del yogur. Se realizaron análisis a tres repeticiones.

Cuadro 1. Tratamientos Evaluados

Tratamientos	Descripción	Código
1	Control	Control
2	Ácido cítrico + Ácido ascórbico	A. cít. + A. asc.
3	Ácido cítrico + Metabisulfito de Sodio	A. cít. + MNa
4	Ácido ascórbico + Metabisulfito de Sodio	A. asc. + MNa

#### 3.9.2 Diseño experimental

Para analizar los resultados de este estudio se establecieron parcelas divididas, las cuales constaban de los dos tipo de inmersión (Agua + ácido cítrico y Agua solamente) arregladas en bloques completos al azar (las tres repeticiones). Se evaluó características físico-químicas y sensoriales del yogur.

Cuadro 2. Unidades experimentales en el estudio

Repeticiones	Inmersión Agua + A. cítrico				Inmersión en Agua			
	Control	A. cít. + A. asc.	A. cít. + MNa	A. asc. + MNa	Control	A. cít. + A. asc.	A. cít. + MNa	A. asc. + MNa
1	UE	UE	UE	UE	UE	UE	UE	UE
2	UE	UE	UE	UE	UE	UE	UE	UE
3	UE	UE	UE	UE	UE	UE	UE	UE

#### 3.9.3 Análisis estadístico

Los resultados obtenidos en este estudio fueron evaluados en el programa “Statistical Analysis System” (SAS®, versión 9.1) usando una prueba Tukey para la separación de medias con una significancia de  $P < 0.05$ .

### **3.10 DETERMINACIÓN DE COSTOS**

Se realizó un análisis para comparar los costos directos de producción del yogur aplicando cada tratamiento y comparar cual de los tratamientos resulta más rentable, ya que eso puede influir en la decisión de producir o no el producto, además de los resultados sensoriales que se obtuvieron.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 ANÁLISIS SENSORIAL

#### 4.1.1 Apariencia

El Cuadro 3 indica que los panelistas encontraron diferencias significativas en apariencia entre cada tratamiento. El tratamiento 4 (A. asc. + MNa) fue el más aceptado por los panelistas y el tratamiento 1 (Control) el menos aceptado, esto se debe a que el control no contenía ningún antioxidante por lo que se notó más el pardeamiento enzimático en el puré de banano, aunque en el análisis físico de color todos los tratamientos resultaron tener la misma claridad.

Cuadro 3. Análisis sensorial por tratamiento para el atributo apariencia

Tratamiento	Descripción	Apariencia*±D.E.**
4	A. asc. + MNa	4.56±0.10 <sup>a</sup>
3	A. cít. + MNa	4.41±0.05 <sup>b</sup>
2	A. cít. + A. asc.	3.91±0.08 <sup>c</sup>
1	Control	3.65±0.07 <sup>d</sup>

\* Medias seguidas con diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05).

\*\* DE= Desviación Estándar

En este análisis los panelistas encontraron diferencia significativa entre los tipos de inmersión (parcelas), es decir que según los panelistas, el sumergir los bananos recién pelados en una solución de agua + ácido cítrico mejora la apariencia del puré.

Cuadro 4. Análisis sensorial por tipo de inmersión para el atributo apariencia

Inmersión	Descripción	Apariencia*±D.E.**
2	Agua + ácido cítrico	4.30±0.10 <sup>a</sup>
1	Agua	3.97±0.06 <sup>b</sup>

\* Medias seguidas con diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05).

\*\* DE= Desviación Estándar

El Cuadro 5 muestra que los panelistas prefirieron los tratamientos que fueron sumergidos en una solución de agua + ácido cítrico como pretratamiento y que contenían metabisulfito de sodio, el cual resultó ser el antioxidante que controló mejor la oxidación del puré de banano, según los panelistas.

Cuadro 5. Medias de cuadrados mínimos para el efecto Inmersión\*Tratamiento

Inmersión	Tratamiento	Apariencia LSMEAN	Número LSMEAN *
2	4	4.80	8 <sup>a</sup>
2	3	4.72	7 <sup>a</sup>
1	4	4.33	4 <sup>b</sup>
1	3	4.11	3 <sup>c</sup>
2	2	3.97	6 <sup>d</sup>
1	2	3.85	2 <sup>de</sup>
2	1	3.72	5 <sup>e</sup>
1	1	3.58	1 <sup>f</sup>

\* Medias seguidas con diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05).

#### 4.1.2 Aroma

En aroma los tratamientos 3 (A. cít. + MNa) y 4 (A. asc. + MNa) fueron estadísticamente iguales y los más aceptados. Estos fueron estadísticamente diferente de los tratamientos 1 (Control) y 2 (A. cít. + A. asc.) que fueron los menos aceptados, es decir que los panelistas prefirieron los tratamientos que contenían metabisulfito de sodio como antioxidante. Los resultados de cada tratamiento se muestran en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Análisis sensorial del yogur de cada tratamiento para el atributo aroma

Tratamiento	Descripción	Aroma*±D.E.**
4	A. asc. + MNa	4.27±0.10 <sup>a</sup>
3	A. cít. + MNa	4.22±0.17 <sup>a</sup>
2	A. cít. + A. asc.	3.93±0.07 <sup>b</sup>
1	Control	3.64±0.12 <sup>c</sup>

\* Medias seguidas con diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05).

\*\* DE= Desviación Estándar

En este análisis se encontró diferencia significativa entre los tipos de inmersión (parcelas), es decir que usar ácido cítrico en inmersión mejora el aroma del yogur, según los panelistas. Los resultados se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 7. Análisis sensorial del yogur de cada tipo de inmersión para el atributo aroma

Inmersión	Descripción	Aroma*±D.E.**
2	Agua + ácido cítrico	4.25±0.15 <sup>a</sup>
1	Agua	3.78±0.07 <sup>b</sup>

\* Medias seguidas con diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05).

\*\* DE= Desviación Estándar

Al igual que en apariencia, en aroma los panelistas prefirieron los tratamientos que contenían metabisulfito de sodio y que habían sido tratados con ácido cítrico como pretratamiento como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 8. Medias de cuadrados mínimos para el efecto Inmersión\*Tratamiento

Inmersión	Tratamiento	Apariencia LSMEAN	Número LSMEAN *
2	4	4.58	8 <sup>a</sup>
2	3	4.64	7 <sup>a</sup>
2	2	4.08	6 <sup>b</sup>
1	4	3.97	4 <sup>b</sup>
1	3	3.80	3 <sup>c</sup>
1	2	3.77	2 <sup>c</sup>
2	1	3.69	5 <sup>cd</sup>
1	1	3.58	1 <sup>d</sup>

\* Medias seguidas con diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05).

### 4.1.3 Viscosidad

Los panelistas no encontraron diferencias en viscosidad en los tratamientos 1 (Control), 2 (A. cít. + A. asc) y 3 (A. cít. + MNa), el tratamiento 4 (A. asc. + MNa) fue el único que resultó ser diferente al control y el más aceptado. A pesar que los panelistas encontraron diferencias entre algunos tratamientos, por medio de los análisis físicos no se detectó ninguna diferencia.

Cuadro 9. Análisis sensorial del yogur de cada tratamiento para el atributo viscosidad

Tratamiento	Descripción	Viscosidad*±D.E.**
4	A. asc. + MNa	4.77±0.20 <sup>a</sup>
3	A. cit. + MNa	3.73±0.11 <sup>ab</sup>
2	A. cít. + A. asc.	3.70±0.16 <sup>ab</sup>
1	Control	3.62±0.26 <sup>b</sup>

\* Medias seguidas con diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05).

\*\* DE= Desviación Estándar

En este análisis los panelistas no encontraron diferencia significativa entre los tipos de inmersión (parcelas), es decir que usar ácido cítrico para sumergir el banano recién pelado no afecta ni favorece la viscosidad del yogur. Los resultados se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 10. Análisis sensorial del yogur de cada tipo de inmersión para el atributo viscosidad

Inmersión	Descripción	Viscosidad*±D.E.**
2	Agua + ácido cítrico	3.74±0.05 <sup>a</sup>
1	Agua	3.67±0.10 <sup>a</sup>

\* Medias seguidas con letra igual no son significativamente diferentes (P>0.05).

\*\* DE= Desviación Estándar

En viscosidad los panelistas no detectaron diferencia significativa entre los tratamientos a excepto del control que fue el menos aceptado, el cual no contenía ningún antioxidante. Los resultados se muestran a continuación.

Cuadro 11. Medias de cuadrados mínimos para el efecto Inmersión\*Tratamiento

Inmersión	Tratamiento	Apariencia LSMEAN	Número LSMEAN *
2	4	3.77	8 <sup>a</sup>
1	4	3.77	4 <sup>a</sup>
2	3	3.75	7 <sup>a</sup>
2	2	3.75	6 <sup>a</sup>
1	3	3.72	3 <sup>a</sup>
2	1	3.72	5 <sup>a</sup>
1	2	3.66	2 <sup>a</sup>
1	1	3.52	1 <sup>b</sup>

\* Medias seguidas con diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05).

#### 4.1.4 Acidez

Los panelistas no encontraron diferencia significativa en acidez entre los tratamientos 3 (A. cit. + MNa) y 4 (A. asc. + MNa), tampoco entre los tratamientos 2 (A. cít. + A. asc.) y 4 (A. asc. + MNa). El tratamiento 3 (A. cít. + MNa) fue el único diferente a los tratamientos 1 (Control) y 2 (A. cít. + A. asc.), que fueron los menos aceptados. De acuerdo a los análisis químicos, todos los tratamientos presentaron una acidez titulable estadísticamente igual, sin embargo el Cuadro 12 indica que los panelistas encontraron diferencia en acidez entre algunos tratamientos.

Cuadro 12. Análisis sensorial del yogur de cada tratamiento para el atributo acidez

Tratamiento	Descripción	Acidez*±D.E.**
3	A. cit. + MNa	4.43±0.40 <sup>a</sup>
4	A. asc. + MNa	4.26±0.10 <sup>ab</sup>
2	A. cít. + A. asc.	4.15±0.12 <sup>b</sup>
1	Control	3.88±0.08 <sup>c</sup>

\* Medias seguidas con diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05).

\*\* DE= Desviación Estándar

En este análisis no se encontró diferencia significativa entre los tipos de inmersión (parcelas), es decir que la acidez que adiciona el ácido cítrico en la inmersión no fue detectada por los panelistas. Los resultados se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 13. Análisis sensorial del yogur de cada tipo de inmersión para el atributo acidez

Inmersión	Descripción	Acidez*±D.E.**
2	Agua + ácido cítrico	4.20±0.16 <sup>a</sup>
1	Agua	4.16±0.25 <sup>a</sup>

\* Medias seguidas con letra igual no son significativamente diferentes (P>0.05).

\*\* DE= Desviación Estándar

Según los siguientes resultados, los tratamientos mas preferidos por los panelistas de acuerdo a la acidez fueron el 3 (A. cit. + MNa) y el 4 (A. asc. + MNa) que no fueron pretratados con ácido cítrico, así como el tratamiento 3 (A. cit. + MNa) que fue pretratado con ácido cítrico.

Cuadro 14. Medias de cuadrados mínimos para el efecto Inmersión\*Tratamiento

Inmersión	Tratamiento	Apariencia LSMEAN	Número LSMEAN *
1	3	4.44	3 <sup>a</sup>
2	3	4.41	7 <sup>a</sup>
1	4	4.38	4 <sup>a</sup>
2	2	4.25	6 <sup>ab</sup>
2	4	4.14	8 <sup>bc</sup>
1	2	4.05	2 <sup>bc</sup>
2	1	4.0	5 <sup>cd</sup>
1	1	3.77	1 <sup>d</sup>

\* Medias seguidas con diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05).

#### 4.1.5 Sabor

Para el atributo sabor los panelistas no encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos 3 (A. cit. + MNa) y 4 (A. asc. + MNa), los cuales fueron los mas aceptados. Esto indica que los panelistas aceptaron más los tratamientos que contenían metabisulfito de sodio. Los resultados se muestran en el Cuadro 15.

Cuadro 15. Análisis sensorial del yogur de cada tratamiento para el atributo sabor

Tratamiento	Descripción	Sabor*±D.E.**
4	A. asc. + MNa	4.01±0.25 <sup>a</sup>
3	A. cit. + MNa	3.99±0.18 <sup>a</sup>
2	A. cít. + A. asc.	3.87±0.05 <sup>b</sup>
1	Control	3.57±0.09 <sup>c</sup>

\* Medias seguidas con diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05).

\*\* DE= Desviación Estándar

En este análisis no se encontró diferencia significativa entre los tipos de inmersión (parcelas), es decir que para los panelistas fue indiferente el uso de ácido cítrico como pre-tratamiento. Los resultados se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 16. Análisis sensorial del yogur de cada tipo de inmersión para el atributo sabor

Inmersión	Descripción	Sabor*±D.E.**
2	Agua + ácido cítrico	3.95±0.11 <sup>a</sup>
1	Agua	3.77±0.25 <sup>a</sup>

\* Medias seguidas con letra igual no son significativamente diferentes (P>0.05).

\*\* DE= Desviación Estándar

Los panelistas percibieron un mejor sabor a los tratamientos que contenían metabisulfito de sodio y que fueron pretratados, esto se debe a que la apariencia puede influir en la preferencia del yogur. Los resultados se muestran en el Cuadro 17.

Cuadro 17. Medias de cuadrados mínimos para el efecto Inmersión\*Tratamiento

Inmersión	Tratamiento	Apariencia LSMEAN	Número LSMEAN *
2	3	4.16	7 <sup>a</sup>
2	4	4.11	8 <sup>a</sup>
1	4	3.91	4 <sup>b</sup>
2	2	3.89	6 <sup>b</sup>
1	2	3.86	2 <sup>b</sup>
1	3	3.83	3 <sup>b</sup>
2	1	3.66	5 <sup>c</sup>
1	1	3.47	1 <sup>d</sup>

\* Medias seguidas con diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05).

#### 4.1.6 Aceptación general

El Cuadro 18 indica que los tratamientos 3 (A. cit. + MNa) y 4 (A. asc. + MNa) presentaron una aceptación general estadísticamente igual entre sí y fueron los más aceptados. Los tratamientos 1 (Control) y 2 (A. cít. + A. asc.) también fueron estadísticamente iguales entre sí, pero los menos aceptados. Al comparar los parámetros sensoriales anteriores se observó que en la mayoría de los atributos los tratamientos 3 (A. cit. + MNa) y 4 (A. asc. + MNa) fueron los más aceptados, lo que influyó en la aceptación general.

Cuadro 18. Análisis sensorial del yogur de cada tratamiento para el atributo aceptación

Tratamiento	Descripción	Aceptación G.*±D.E.**
4	A. asc. + MNa	4.62±0.15 <sup>a</sup>
3	A. cit. + MNa	4.54±0.22 <sup>a</sup>
2	A. cít. + A. asc.	4.13±0.13 <sup>b</sup>
1	Control	4.11±0.10 <sup>b</sup>

\* Medias seguidas con diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05).

\*\* DE= Desviación Estándar

En este análisis no se encontró diferencia significativa entre los tipos de inmersión (parcelas). A pesar de que en algunos atributos los panelistas si detectaron diferencias, en general resultó ser indiferente el uso de inmersión del banano recién pelado en agua + ácido cítrico. Los resultados se muestran en el Cuadro 19.

Cuadro 19. Análisis sensorial del yogur de cada tipo de inmersión para el atributo aceptación general

Inmersión	Descripción	Aceptación G.*±D.E.**
2	Agua + ácido cítrico	4.41±0.20 <sup>a</sup>
1	Agua	4.29±0.09 <sup>a</sup>

\* Medias seguidas con letra igual no son significativamente diferentes (P>0.05).

\*\* DE= Desviación Estándar

En general los panelistas prefieren las características que aporta el metabisulfito de sodio habiendo sido tratado el puré de banano con ácido cítrico como pretratamiento como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 20. Medias de cuadrados mínimos para el efecto Inmersión\*Tratamiento

Inmersión	Tratamiento	Apariencia LSMEAN	Número LSMEAN *
2	4	4.69	8 <sup>a</sup>
2	3	4.61	7 <sup>ab</sup>
1	4	4.55	4 <sup>bc</sup>
1	3	4.47	3 <sup>c</sup>
2	2	4.22	6 <sup>d</sup>
2	1	4.14	5 <sup>de</sup>
1	1	4.08	1 <sup>e</sup>
1	2	4.05	2 <sup>e</sup>

\* Medias seguidas con diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05).

## 4.2 ANÁLISIS FÍSICOS

### 4.2.1 Color

Los resultados del Cuadro 21 indican que todos los tratamientos mostraron la misma luminosidad (valor L\*), es decir que no se detectó ninguna diferencia en esta característica, contrario al análisis de apariencia donde los panelistas si encontraron diferencias. Esto se debe a que el color del puré no se detecta mucho cuando es distribuido en el yogur, sin embargo los panelistas notaron este cambio de color entre algunos tratamientos. Para el valor a\* todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales, es decir que todos presentaron la misma intensidad de color rojo. Para el valor b\* los tratamientos 3 (A. cít. + MNa) y 4 (A. asc. + MNa) resultaron ser estadísticamente iguales, es decir que muestran la misma intensidad de color azul. El tratamiento 1 (control), presentó un color azul más intenso, esto se debe a que al no tener ningún antioxidante el control del pardeamiento fue menor.

Cuadro 21. Análisis de color del yogur para cada tratamiento

Tratamiento	Descripción	L± D.E.**	A*± D.E.**	b*± D.E.**
4	A. asc. + MNa	87.28±0.65 <sup>a</sup>	-0.69±0.03 <sup>a</sup>	12.48±0.33 <sup>a</sup>
3	A. cít. + Mna	87.12±0.39 <sup>a</sup>	-0.85±0.07 <sup>a</sup>	12.23±0.26 <sup>ab</sup>
2	A. cít. + A. asc.	86.78±0.60 <sup>a</sup>	-0.22±0.02 <sup>a</sup>	11.72±0.45 <sup>b</sup>
1	Control	86.23±0.48 <sup>a</sup>	-0.65±0.06 <sup>a</sup>	10.91±0.38 <sup>c</sup>

\* Medias con diferente letra en cada columna son significativamente diferentes (P<0.05).

\*\* DE= Desviación Estándar

El tipo de inmersión no influyó en la claridad del yogur, es decir que la inmersión en ácido cítrico como pre-tratamiento no ayuda a mejorar la luminosidad del mismo. En el valor a\* (verde-rojo) no influyeron los tipos de inmersión. Pero si influyó en el valor b\*, es decir que el uso de ácido cítrico como pre-tratamiento aportó un color azul menos intenso que la inmersión en la cual no se usó este antioxidante. Los resultados se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 22. Análisis de color del yogur para cada tipo de inmersión

Inmersión	Descripción	L± D.E.**	a*± D.E.**	b*± D.E.**
2	Agua + ácido cítrico	86.95±1.46 <sup>a</sup>	-0.45±0.04 <sup>a</sup>	12.21±0.40 <sup>a</sup>
1	Agua	86.75±1.39 <sup>a</sup>	-0.76±0.05 <sup>a</sup>	11.46±0.29 <sup>b</sup>

\* Medias con diferente letra en cada columna son significativamente diferentes (P<0.05).

\*\* DE= Desviación Estándar

Los tratamientos que mostraron una mayor intensidad de color amarillo fueron el 3 (A. cit. + metabisulfito de sodio) y 4 (A. asc. + metabisulfito de sodio) los cuales no fueron pretratados con ácido cítrico. Los resultados se muestran en el Cuadro 23.

Cuadro 23. Medias de cuadrados mínimos para el efecto Inmersión\*Tratamiento (valor b\*)

Inmersión	Tratamiento	Apariencia LSMEAN	Número LSMEAN *
1	3	12.64	3 <sup>a</sup>
1	4	12.59	4 <sup>a</sup>
2	4	12.36	8 <sup>ab</sup>
1	2	12.23	2 <sup>ab</sup>
2	3	11.81	7 <sup>bc</sup>
1	1	11.27	1 <sup>c</sup>
2	2	11.2	6 <sup>c</sup>
2	1	10.44	5 <sup>d</sup>

\* Medias seguidas con diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05).

#### 4.2.2 Viscosidad

Los resultados del Cuadro 24 indican que todos los tratamientos obtuvieron una viscosidad estadísticamente igual entre sí, es decir que no se detectó diferencia significativa, sin embargo en análisis sensorial los panelistas encontraron diferencias y prefirieron la viscosidad del tratamiento 4 (A. asc. + metabisulfito de sodio).

Cuadro 24. Análisis de viscosidad (Pa.s). del yogur de cada tratamiento

Tratamiento	Descripción	Viscosidad*± D.E.**
2	A. cit. + A. asc.	1.22±0.09 <sup>a</sup>
3	A. cít. + MNa	1.19±0.10 <sup>a</sup>
4	A. asc. + MNa	1.19±0.07 <sup>a</sup>
1	Control	1.17±0.04 <sup>a</sup>

\* Medias con letra igual en cada columna no son significativamente diferentes (P>0.05).

\*\* DE= Desviación Estándar

Usar ácido cítrico como pre-tratamiento en el puré de banano no influye en la viscosidad del yogur, como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 25. Análisis de viscosidad (Pa.s) del yogur de cada tipo de inmersión

Inmersión	Descripción	Viscosidad*± D.E.**
1	Agua	1.20±0.08 <sup>a</sup>
2	Agua + ácido cítrico	1.18±0.06 <sup>a</sup>

\* Medias con letra igual en cada columna no son significativamente diferentes (P>0.05).

\*\* DE= Desviación Estándar

En viscosidad todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales, sin embargo el tratamiento 2 (A. cit. + A. asc.) que no fue pretratado con ácido cítrico fue el que presento la mayor viscosidad. Los resultados se muestran en el Cuadro 26.

Cuadro 26. Medias de cuadrados mínimos para el efecto Inmersión\*Tratamiento

Inmersión	Tratamiento	Apariencia LSMEAN	Número LSMEAN *
1	2	1.25	2 <sup>a</sup>
1	3	1.23	3 <sup>ab</sup>
2	4	1.22	8 <sup>ab</sup>
2	2	1.19	6 <sup>ab</sup>
2	1	1.18	5 <sup>ab</sup>
1	1	1.16	1 <sup>b</sup>
1	4	1.16	4 <sup>b</sup>
2	3	1.16	7 <sup>b</sup>

\* Medias seguidas con diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05).

\*\* DE= Desviación Estándar

### 4.3 ANÁLISIS QUÍMICOS

#### 4.3.1 Acidez

Todos los tratamientos resultaron ser estadísticamente iguales en acidez titulable, a pesar que en algunos se utilizó ácido cítrico y ácido ascórbico, esto se debe a que los ácidos se usaron en cantidades pequeñas. Los resultados se muestran en el Cuadro 27.

Cuadro 27. Análisis de acidez titulable del yogur de cada tratamiento

Tratamiento	Descripción	Acidez *± D.E.**
2	A. cít. + A. asc.	1.07±0.03 <sup>a</sup>
3	A. cit. + MNa	1.06±0.05 <sup>a</sup>
1	Control	1.05±0.06 <sup>a</sup>
4	A. asc. + MNa	1.05±0.02 <sup>a</sup>

\* Medias con letra igual en cada columna no son significativamente diferentes (P>0.05).

\*\* DE= Desviación Estándar

En este análisis no se encontró diferencia significativa entre los tipos de inmersión (parcelas), es decir que el ácido cítrico de la inmersión 2 no aumentó la acidez, como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 28. Análisis de acidez titulable del yogur de cada tipo de inmersión

Inmersión	Descripción	Acidez *± D.E.**
2	Agua + ácido cítrico	1.06±0.02 <sup>a</sup>
1	Agua	1.06±0.01 <sup>a</sup>

\* Medias con letra igual en cada columna no son significativamente diferentes (P>0.05).

\*\* DE= Desviación Estándar

A pesar de que algunos tratamientos contenían ácidos como antioxidantes no hubo diferencia en acidez entre los tratamientos de acuerdo a los análisis químicos, esto se debe a que los ácidos se usaron en bajas concentraciones.

Cuadro 29. Medias de cuadrados mínimos para el efecto Inmersión\*Tratamiento

Inmersión	Tratamiento	Apariencia LSMEAN	Número LSMEAN *
1	2	1.07	2 <sup>a</sup>
2	2	1.07	6 <sup>a</sup>
1	3	1.06	3 <sup>a</sup>
2	1	1.06	5 <sup>a</sup>
2	3	1.06	7 <sup>a</sup>
2	4	1.06	8 <sup>a</sup>
1	1	1.05	1 <sup>a</sup>
1	4	1.05	4 <sup>a</sup>

\* Medias seguidas con letra igual no son significativamente diferentes ( $P>0.05$ ).

#### 4.3.2 pH

Los resultados del Cuadro 30 muestran que los tratamiento 2 (A. cít. + A. asc), 3 (A. cít. + MNa) y 4 (A. asc. + MNa) fueron estadísticamente más ácidos que el 1 (control), esto se debe a que el control no contenía ningún ácido como antioxidante. En el análisis sensorial de acidez los tratamientos mas aceptados fueron 3 y 4, es decir los que presentan una mayor acidez de acuerdo a este análisis.

Cuadro 30. Análisis de pH del yogur de cada tratamiento

Tratamiento	Descripción	pH <sup>*</sup> ± D.E. <sup>**</sup>
1	Control	4.44±0.05 <sup>a</sup>
2	A. cít. + A. asc.	4.36±0.10 <sup>ab</sup>
3	A. cít. + MNa	4.34±0.08 <sup>b</sup>
4	A. asc. + MNa	4.33±0.07 <sup>b</sup>

\* Medias con diferente letra en cada columna son significativamente diferentes ( $P<0.05$ ).

\*\* DE= Desviación Estándar

No se encontró diferencia significativa entre los tipos de inmersión (parcelas), así mismo los panelistas no detectaron ninguna diferencia en el análisis sensorial de acidez. Los resultados se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 31. Análisis de pH del yogur de cada tipo de inmersión

Inmersión	Descripción	pH <sup>*</sup> ± D.E. <sup>**</sup>
1	Agua	4.41±0.06 <sup>a</sup>
2	Agua + ácido cítrico	4.33±0.05 <sup>a</sup>

\* Medias con letra igual en cada columna no son significativamente diferentes (P>0.05).

\*\* DE= Desviación Estándar

Los tratamientos que presentaron una acidez mas baja (pH mas alto) fueron el 1 (control) y el 2 (A. cit. + A. asc.) que no fueron pretratados con ácido cítrico, razón por la cual presentaron una menor acidez.

Cuadro 32. Medias de cuadrados mínimos para el efecto Inmersión\*Tratamiento

Inmersión	Tratamiento	Apariencia LSMEAN	Número LSMEAN *
1	1	4.51	1 <sup>a</sup>
1	2	4.46	2 <sup>a</sup>
2	1	4.37	5 <sup>b</sup>
2	3	4.35	7 <sup>bc</sup>
1	3	4.34	3 <sup>bc</sup>
2	4	4.33	8 <sup>bc</sup>
1	4	4.33	4 <sup>bc</sup>
2	2	4.26	6 <sup>c</sup>

\* Medias seguidas con diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05).

## 4.4 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

### 4.4.1 Coliformes Totales

El Cuadro 33 indica que los niveles de coliformes totales encontrados en el producto final fueron menores al máximo legal permitido, que son 10 UFC/ml (Revilla 2000). Los coliformes son microorganismos indicadores de calidad sanitaria de los procesos de pasteurización e higiene de equipos y materiales empleados, los resultados indican que se elaboró un producto inocuo gracias a la aplicación de buenas prácticas de manufactura y el uso de materias primas de alta calidad bacteriológica.

Cuadro 33. Análisis microbiológico de coliformes totales

Tratamiento		Coliformes (UFC/ml) Rep. 1	Coliformes (UFC/ml) Rep. 2	Coliformes (UFC/ml) Rep. 3	Máximo Legal (UFC/ml)
Parcela 1	1	<10	<10	<10	≤10
	2	<10	<10	<10	≤10
	3	<10	<10	<10	≤10
	4	<10	<10	<10	≤10
Parcela 2	1	<10	<10	<10	≤10
	2	<10	<10	<10	≤10
	3	<10	<10	<10	≤10
	4	<10	<10	<10	≤10

#### 4.4.2 Mohos y Levaduras

El Cuadro 34 indica que los niveles de mohos y levaduras encontrados en el producto final fueron menores al máximo legal permitido, que son 20 UFC/ml (Revilla 2000). Lo que indica que existió un buen control de estos microorganismos, para ello se usó sorbato de potasio.

Cuadro 34. Análisis microbiológico de Mohos y Levaduras

Tratamiento		Mohos y Levaduras (UFC/ml) Rep. 1	Mohos y Levaduras (UFC/ml) Rep. 2	Mohos y Levaduras (UFC/ml) Rep. 3	Máximo Legal (UFC/ml)
Parcela 1	1	<10	<10	<10	≤20
	2	<10	<10	<10	≤20
	3	<10	<10	<10	≤20
	4	<10	<10	<10	≤20
Parcela 2	1	<10	<10	<10	≤20
	2	<10	<10	<10	≤20
	3	<10	<10	<10	≤20
	4	<10	<10	<10	≤20

#### 4.5 ANÁLISIS DE COSTOS MARGINALES

En el Cuadro 35 se detallan los costos directos de producción de los cuatro tratamientos. Con este análisis se trató de determinar si existe diferencia entre usar cada uno de los tratamientos. Los resultados muestran que las diferencias entre cada tratamiento son mínimas, esto se debe a que las cantidades usadas de cada antioxidante son muy pequeñas

y no alteran los costos, por lo que no es determinante en la decisión de usar cualquier tratamiento, como lo es el análisis sensorial.

Cuadro 35. Análisis de costos marginales

Materia prima/tanda	Costos de Materia Prima (L.)			
	Control	A. cít. + A. asc.	A. cít. + MNa	A. asc. + MNa
Leche (estánd. 2.5%) Lts.	327.2	327.2	327.2	327.2
L.D. en polvo kg	180.56	180.56	180.56	180.56
Estabilizador g	41.75	41.75	41.75	41.75
Cultivo láctico (sobre)	5.43	5.43	5.43	5.43
Azúcar kg	87.61	87.61	87.61	87.61
Puré de banano kg	188.49	188.49	188.49	188.49
Sorbato de potasio kg	4.8	4.8	4.8	4.8
Ácido cítrico kg		0.33	0.33	
Ácido ascórbico kg		0.23		0.23
Metabisulfito de sodio			0.1	0.1
Envase	563.15	563.15	563.15	563.15
Etiqueta	52.63	52.63	52.63	52.63
Sello	63.15	63.15	63.15	63.15
<b>TOTAL/tanda</b>	<b>1,514.77</b>	<b>1,515.33</b>	<b>1,515.20</b>	<b>1,515.10</b>
Rendimiento (kg)/tanda	60	60	60	60
<b>Costo Total (190g)</b>	<b>4.81</b>	<b>4.81</b>	<b>4.81</b>	<b>4.81</b>

Tasa de cambio: 1USD = 18.89L.

## 5. CONCLUSIONES

- Los tratamientos 3 (ácido cítrico + metabisulfito de sodio) y 4 (ácido ascórbico + metabisulfito de sodio) fueron los más aceptados en el análisis sensorial.
- La inmersión en agua + ácido cítrico como pre-tratamiento, tuvo una mayor preferencia en algunos atributos del análisis sensorial, sin embargo en la aceptación general no fue significativo, por lo tanto no es necesario su uso.
- En el análisis físico de color todos los tratamientos presentaron una misma claridad, sin embargo en el análisis sensorial los panelistas prefirieron la apariencia del tratamiento 4 (ácido ascórbico + metabisulfito de sodio).
- En el análisis químico de acidez titulable no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo en pH el tratamiento 1 (control) fue el que presentó una menor acidez (pH más alto).
- Los resultados obtenidos en análisis microbiológico estuvieron por debajo de lo máximo legal permitido, lo que indica que se elaboró un producto inocuo gracias a la aplicación de buenas prácticas de manufactura y el uso de materias primas de alta calidad bacteriológica.
- No hubo diferencia en costo variable de cada tratamiento debido a que las cantidades de antioxidante usadas fueron muy pequeñas.

## **6. RECOMENDACIONES**

- Para elaborar yogur con sabor a banano que contenga metabisulfito de sodio se debe declarar en la etiqueta, ya que este aditivo puede provocar problemas respiratorios a personas sensibles al mismo.
- Al momento de pesar la cantidad de metabisulfito a usar, se debe realizar con mucho cuidado, ya que son cantidades bien pequeñas las que se agregan al puré de banano.
- Evitar lo máximo posible el contacto del banano pelado con oxígeno para retardar el oscurecimiento del puré por acción de la enzima polifenoloxidasas.
- Agregar colorante amarillo a la mezcla al momento de saborizar para mejorar la apariencia del yogur.
- Realizar un análisis de vida de anaquel del yogur para determinar si las propiedades no cambian a través del tiempo.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

AISA, 2008. Yogur (en línea). Consultado el 15 de julio del 2008. Disponible en: <http://www.geocities.com/grupointustrialaisa/yogurt1.html>

Ana E. 2008. Nutricion y tecnología de los alimentos (en línea). Consultado el 17 de septiembre de 2009. Disponible en: <http://nutrycyta.wordpress.com/2008/02/04/el-oscorecimiento-de-la-manzana-ana-e/>

Buttriss J, Hughes J, Kelly C, Stanner S. Antioxidants in food: a summary of the review conducted for the Food Standards Agency. Nutrition Bulletin [serial on the Internet]. (2002, Dec), [cited August 22, 2009]; 27(4): 227-236. Available from: Academic Search Premier

Calvo, M. 2001. Bioquímica de los alimentos. Tirosinasa (en línea). Consultado el 12 de septiembre de 2000. Disponible en: <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/enzimas/tirosinasa.html>

Chaves, M. 2006. Evaluación de pretratamientos en el secado convectivo de berenjenas (en línea). Consultado el 13 de octubre del 2009. Disponible en: <http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/cyt2006/08-Exactas/2006-E-029.pdf>

Cueva, O. 2003. Elaboración de yogur firme sabor a fresa. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 44 pag.

Dos Pinos 2009. El yogur un aliado de la salud (en línea). Consultado el 18 de septiembre de 2009. Disponible en: [http://www.dospinos.com/images/dospinos/principal/EL\\_YOGURT3.pdf](http://www.dospinos.com/images/dospinos/principal/EL_YOGURT3.pdf)

FAO. Métodos de Análisis y Muestreo para Productos Lácteos (en línea). Consultado el 17 de julio del 2008. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/meeting/005/w9503s/w9503s0q.htm>

FAO 2000. Pardeamiento enzimático en Frutas y Vegetales. Departamento de Nutrición Humana de la Universidad de Florida USA. (en línea). Consultado el 5 de septiembre de 2009. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/ags/agsi/ENZYMFINAL/Enzymatic%20Browning.html>

Foster M. et al. 1965. Microbiología de la leche. 1ra ed. Edit Mexico. 490 p.

González, B. 2000. Pruebas múltiples de medias (en línea). Consultado el 15 de julio del 2008. Disponible en: <http://cete.iespana.es/manuales/pruebas.htm>

Pérez, L. 2003. Aplicación de métodos combinados para el control del desarrollo del pardeamiento enzimático en pera (variedad Blanquilla) mínimamente procesada. Universidad Politécnica de Valencia, España.

Revilla, A. 2000. Tecnología de la leche. Carrera de Agroindustria. Escuela Agrícola Panamerica, El Zamorano, Honduras, Centroamérica. 396 pag.

Revista de Alimentos Argentinos. Acido cítrico (en línea) Consultado el 25 de septiembre del 2009. Disponible en: [http://www.alimentosargentinos.gov.ar/0-3/revistas/r\\_12/12\\_06\\_citrico.htm](http://www.alimentosargentinos.gov.ar/0-3/revistas/r_12/12_06_citrico.htm)

Ruegg, P. 1999. Tecnología de alimentos. Generalidades del yogur (en línea). Consultado el 21 de julio del 2008. Disponible en: <http://www.textoscientificos.com/alimentos/yogur/que-es-yogur>

Sanz, B. 2005. Un paseo por la historia del yogur (en línea). Consultado el 10 de septiembre de 2009. Disponible en: <http://www.yogurespascual.com/reportajes/muestra.asp?id=1488&n=2>

Sass, C. "The Best Yogurt for You.." *Prevention* 60, no. 8 (August 2008): 65-67. *Health Source - Consumer Edition*, EBSCOhost (accessed August 10, 2009).

Science, Technology and Market. USA, 2002. Control de Pardeamiento Enzimático (en línea). Consultado el 13 de octubre del 2009. Disponible en: [http://aromateca.com/main/index2.php?option=com\\_content&do\\_pdf=1&id=80](http://aromateca.com/main/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=80)

Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos de Argentina. Yogur y Leche cultivada. Mercado (en línea). Consultada el 21 de octubre del 2009. Disponible en: [http://www.alimentosargentinos.gov.ar/lacteos/docs/01\\_Productos/yogur/Yogur\\_02.htm](http://www.alimentosargentinos.gov.ar/lacteos/docs/01_Productos/yogur/Yogur_02.htm)

Walstra, P. et al. 2001. Ciencia de la Leche y Tecnología de los productos Lácteos. Leches fermentadas. Universidad de Zaragoza, España. 730 pag

## 8. ANEXOS

### Anexo 1. Formato de evaluación sensorial

#### **Evaluación de tres antioxidantes en puré de banano y su efecto en las propiedades físico-químicas y sensoriales en yogur del mismo sabor.**

**Tesista: Carlos Roberto Peña**

**Fecha: 14 julio de 2009**

#### **Instrucciones:**

- Por favor coloque su nombre y fecha.
- Se le presentarán ocho muestras de yogur, codificadas, una galleta de soda y un vaso con agua.
- Limpie su paladar con galleta y agua antes y después de cada muestra.
- Haga su evaluación de izquierda a derecha.
- Marque con una "X" el círculo adecuado según su evaluación de las muestras de acuerdo con los atributos de: apariencia, aroma, viscosidad, sabor, acidez y aceptación general.
- En la Escala: 1 significa extremadamente desagradable, 3 significa no me gusta, ni me disgusta (N.g/N.d), 5 significa extremadamente agradable.
- Al finalizar la evaluación deje la hoja en su cubículo.

**\*Asegúrese de haber leído todas las instrucciones antes de ejecutar la evaluación. Si tiene alguna inquietud, aproveche ahora para indicarle al instructor.**

#### **Hoja de Evaluación**

**Nombre:** \_\_\_\_\_ **Fecha:** \_\_\_\_\_

Muestra 425:

	Extremadamente desagradable	N.g/N.d.		Extremadamente agradable	
	1	2	3	4	5
Apariencia:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aroma:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Viscosidad:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sabor:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Acidez:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aceptación General:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>