

**Efecto de dos cantidades de leche descremada
en polvo y dos edulcorantes no calóricos en las
características físico-químicas y sensoriales
del yogur light de fresa**

Diego Patricio Orellana Vintimilla

Zamorano, Honduras

Diciembre, 2009

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

**Efecto de dos cantidades de leche descremada en
polvo y dos edulcorantes no calóricos en las
características físico-químicas y sensoriales del
yogur light de fresa**

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

Presentado por

Diego Patricio Orellana Vintimilla

Zamorano, Honduras

Diciembre, 2009

Efecto de dos cantidades de leche descremada en polvo y dos edulcorantes no calóricos en las características físico-químicas y sensoriales del yogur light de fresa

Presentado por:

Diego Patricio Orellana Vintimilla

Aprobado:

Luis Fernando Osorio, Ph.D.
Asesor principal

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

Flor Núñez, M.Sc.
Asesora

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

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

RESUMEN

Orellana, D. 2009. Efecto de dos cantidades de leche descremada en polvo y dos edulcorantes no calóricos en las características físico-químicas y sensoriales del yogur light de fresa. Proyecto de graduación del Programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 36 p.

El yogur es un producto lácteo obtenido de la fermentación de la leche como resultado de la coagulación y reducción de pH. Entre los tipos de yogur encontramos el yogur light, el cual es reducido en calorías. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de dos cantidades de leche descremada en polvo (5.8 y 6.9 %) y edulcorantes no calóricos (Sacarina y Sucralosa) en las características físico-químicas y sensoriales del yogur light de fresa. El diseño experimental usado fue parcelas divididas, donde los niveles fueron la concentración de leche descremada en polvo y los subniveles fueron los edulcorantes utilizados. Se realizaron 3 repeticiones de cada uno de los 4 tratamientos para un total de 12 unidades experimentales. Se realizaron análisis de viscosidad, acidez (pH) y color. Se realizó análisis microbiológicos para determinar conteos de coliformes totales y hongos y levaduras. Se realizaron pruebas sensoriales de aceptación. El tratamiento mejor aceptado se sometió a una prueba sensorial de preferencia con el yogur light Yoplait de fresa usando 100 panelistas. Los panelistas prefirieron el yogur con mayor acidez, viscosidad y con tonalidad intensas de rojo. Todos los productos cumplieron con las regulaciones sanitarias de Honduras, según el reglamento técnico centroamericano (RTCA), presentando conteos de <1 ufc/ml. El tratamiento con 6.9% de leche descremada en polvo y edulcorante sucralosa fue el mejor aceptado por los panelistas las características de apariencia, aroma, acidez, textura, sabor y aceptación general ($P<0.05$), además presentó mayor preferencia sobre el yogur light de fresa Yoplait ($P<0.05$).

Palabras clave: Características reológicas, prueba de aceptación, reducido en calorías.

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..... | 8 |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 16 |
| 5. CONCLUSIONES..... | 30 |
| 6. RECOMENDACIONES | 31 |
| 7. LITERATURA CITADA..... | 32 |
| 8. ANEXOS..... | 35 |

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro

| | |
|--|----|
| 1. Especificación técnica de dos tipos de edulcorantes | 5 |
| 2. Ingesta diaria aceptada (IDA) de dos tipos edulcorantes | 6 |
| 3. Definiciones de los descriptores (atributos sensoriales) utilizados para la evaluación del yogur light de fresa..... | 7 |
| 4. Formulación del yogur light de fresa por tratamientos. | 10 |
| 5. Aceptación de acuerdo al atributo apariencia..... | 16 |
| 6. Aceptación de acuerdo al atributo aroma | 17 |
| 7. Aceptación de acuerdo al atributo acidez..... | 18 |
| 8. Aceptación de acuerdo al atributo textura..... | 19 |
| 9. Aceptación de acuerdo al atributo sabor..... | 20 |
| 10. Aceptación de acuerdo al atributo aceptación general..... | 21 |
| 11. Análisis físico de viscosidad (100 RPM) | 22 |
| 12. Análisis físico de color: valor L* | 23 |
| 13. Análisis físico de color: valor a* | 23 |
| 14. Análisis físico de color: valor b* | 24 |
| 15. Análisis físico de acidez (pH)..... | 25 |
| 16. Efecto del factor concentración de leche descremada en polvo sobre las variables físico-químicas..... | 25 |
| 17. Efecto del factor tipo de edulcorante sobre las variables físico-químicas..... | 26 |
| 18. Efecto del factor concentración de leche descremada en polvo sobre las variables físico-químicas | 26 |
| 19. Efecto del factor tipo de edulcorante sobre las variables físico-químicas..... | 26 |
| 20. Efecto del factor tipo de edulcorante sobre las variables físico-químicas..... | 27 |
| 21. Conteos reportados de coliformes y hongos y levaduras | 28 |
| 22. Análisis de reducción de calorías..... | 28 |
| 23. Costo variable para el mejor tratamiento de yogur light de fresa con 6.9% de leche descremada en polvo y edulcorante sucralosa..... | 29 |

Figura

| | |
|--|----|
| 1. Diagrama de flujo para la elaboración de yogur light de fresa. | 11 |
| 2. Diseño experimental: parcelas divididas. | 14 |

Anexo

| | |
|---|----|
| 1. Hoja de evaluación sensorial de aceptación de yogur light. | 35 |
| 2. Hoja de evaluación sensorial de preferencia de yogur light. | 36 |

1. INTRODUCCIÓN

El proceso de elaboración de yogur es un arte muy antiguo antes de la domesticación de bovinos, encontrando evidencia arqueológica asociada a los Babilonios, antes del siglo XIX aun existía poco entendimiento del proceso (Tamine y Robinson 1999).

El yogur es un producto lácteo obtenido de la leche de vaca, cabra, oveja, camella u otra, mediante acidificación directa o microbiológica. El yogur es muy popular en todo el mundo y es conocido por diferentes nombres pese a que el proceso de fermentación es el mismo y es llevado a cabo por las bacterias *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* y *Lactococcus delbrueckii ssp. bulgaricus* (Revilla 1996). Aproximadamente 400 diversos productos derivados de fermentación de la leche son consumidos alrededor del mundo (Chandan 2006). Existen diferentes tipos de yogur, siendo los principales: yogur firme, batido, líquido, congelado, reducido en calorías y condensado (Revilla 2000).

Para que un producto sea considerado Light o con menos calorías debe contener al menos 25% menos de calorías en comparación con la formulación original y para que sea considerado bajo en calorías debe contener 40% o menos calorías por porción que el alimento de referencia (“Food and Drug Administration” FDA, 2003).

Recientemente, el aumento de la demanda de productos bajos en calorías y alimentos con edulcorantes alternativos ha ganado una atención especial. Los edulcorantes intensos evitan los problemas de salud asociados con edulcorantes calóricos (Pinheiro et al. 2005). Una aplicación de yogur light es el yogur reducido en calorías, el cual en estos casos, en lugar de azúcar se le ha añadido algún edulcorante artificial, por lo que es probable que el contenido energético sea menor (Consumer 2008).

Se les denomina edulcorantes “no nutritivos”, término que es aplicado a cualquier sustancia dulce que contenga menos del 2% del valor calórico de la sucrosa por unidad equivalente de capacidad endulzante (Grenby et al. 1983). Existen dos tipos de edulcorantes: calóricos (nutritivos) y no calóricos (no nutritivos). Los edulcorantes calóricos proporcionan 4 calorías por gramo y las variedades no calóricas proporcionan cero calorías (Saberine 2002) Existen varios edulcorantes, pero solo 5 están aprobados por la FDA: sacarina (*sweet and low*), aspartame, acesulfame K, sucralosa (*splenda*) y neotame (American Diabetes Association 2009).

Ante la reducción de la cantidad de sólidos en la mezcla, una solución es el incremento de los mismos, atreves del uso de leche descremada en polvo, siendo valores recomendados entre el 3 y 4% de la formulación total (Francis 2002).

1.1 ANTECEDENTES

Actualmente en la planta de Industrias Lácteas de Zamorano a pesar de tener una calidad en su producción de yogur, no produce uno con características dietéticas para consumidores afines al mismo. García (2004), elaboro un estudio sobre el efecto de la cantidad de grasa y almidón modificado en la elaboración de yogur bajo en grasa y con sabor a fresa y sin azúcar. En el estudio realizado por García (2004), se puede observar que evaluó dos cantidades de grasa y dos cantidades de almidón modificado que según el autor afectaron las propiedades reológicas del producto, así mismo utilizo aspartame como edulcorante y denota que su sabor no fue significativamente afectado. Este estudio fue un acercamiento a la elaboración de un yogur light, sin embargo de acuerdo a García (2004), de debe realizar una nueva formulación y estudios de vida útil.

1.2 JUSTIFICACIÓN

La importancia de este estudio radica en poder aportar soluciones para elaborar la formulación de yogur light para que la planta de Industrias Lácteas de Zamorano pueda ingresar al mercado con este producto que según se conoce está en auge su consumo.

1.3 LÍMITES DEL ESTUDIO

- No sé determino vida útil del yogur light terminado.
- No sé evaluó el efecto de otros edulcorantes.
- No se tuvo un panel sensorial entrenado.
- No se evaluó el efecto del empaque.
- No se realizaron estudio de sinéresis.

1.4 ALCANCES

- Desarrollo de un nuevo producto para la cartera de la marca Zamorano.
- Hacer crecer el portafolio de productos de la planta de lácteos de Zamorano.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 General

Determinar el efecto de dos cantidades de leche descremada en polvo (5.8 y 6.9 %) y dos edulcorantes no calóricos (Sacarina y Sucralosa) en las características físicos-químicas y sensoriales del yogur light de fresa.

1.5.2 Específicos

1. Determinar mediante análisis físicos-químicos el efecto de dos cantidades de leche descremada en polvo (5.8 y 6.9%) y dos edulcorantes no calóricos (sacarina y sucralosa) en las características de acidez, viscosidad, y color del yogur light de fresa.
2. Medir a través de la evaluación sensorial exploratoria el efecto de dos cantidades de leche descremada en polvo (5.8 y 6.9%) y dos edulcorantes no calóricos (sacarina y sucralosa) en las características de apariencia, acidez, aroma, textura, sabor y aceptación general.
3. Correlacionar los resultados de los análisis físicos-químicos y sensoriales de la adición de dos cantidades de leche descremada en polvo (5.8 y 6.9%) y dos edulcorante (sacarina y sucralosa).
4. Determinar los costos variables de la producción del yogur light de fresa en la Planta de Industrias Lácteas de Zamorano.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 DEFINICIÓN DE YOGUR

La leche fermentada es un producto lácteo obtenido por medio de la fermentación de la leche, que puede haber sido elaborado a partir de productos obtenidos de la leche con o sin modificaciones en la composición según las limitaciones por medio de la acción de microorganismos adecuados y teniendo como resultado la reducción del pH con o sin coagulación (precipitación isoeléctrica). El Yogur se caracteriza por tener los cultivos simbióticos de *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii* subesp. *bulgaricus* (Codex Alimentarius 2003).

2.2 EDULCORANTES

Edulcorantes son substancias alternativas al azúcar que brindan un sabor dulce a los alimentos y son usados de manera parcial o en sustitución total al azúcar. Durante las últimas dos décadas, endulzantes reducidos en calorías, como la sacarina y la sucralosa, han sido ampliamente usados en productos lácteos en los Estados Unidos y en Europa (Calorie Control Council 2002). Existen dos categorías de edulcorantes: nutritivos y libres de calorías. Los endulzantes libres de calorías no aportan ninguna energía al cuerpo humano. El poder endulzante del edulcorante dependerá de la estructura química y la concentración del compuesto (Rael 2000). Algunos edulcorantes son permitidos usar en alimentos y bebidas, pero cada uno presenta características específicas de intensidad de dulzura, persistencia del sabor dulce y sabor residual. Dichas factores son decisivos en la aceptación y preferencia por el consumidor de determinado yogur (Cardello 2000).

2.3 EDULCORANTES NO CALÓRICOS

En el siguiente cuadro se muestran la especificación técnica de dos tipos de edulcorantes no calóricos, la sacarina y la sucralosa.

Cuadro 1. Especificación técnica de dos tipos de edulcorantes

| Dato técnico | Sacarina | Sucralosa |
|------------------------|---|--|
| Formula molecular | C ₇ H ₅ NO ₃ S | C ₁₂ H ₁₉ CL ₃ O ₈ |
| Peso molecular | 183 | 397 |
| Descripción | Cristales blancos, polvo cristalino, aromático | Prácticamente sin aroma, polvo blanco cristalino |
| Función | Endulzante | Endulzante |
| Intensidad de dulzura* | 240-350 | 400-800 |
| Solubilidad | Ligeramente soluble en agua, soluble en sustancias alcalinas, ligeramente soluble en etanol | Fácilmente soluble en agua, metanol y etanol. |

* comparado con el valor edulcorante de la sucrosa.

Fuente: Society of Dairy Technology (2005) adaptado por el autor.

2.3.1 Sucralosa

Es un endulzante de alta intensidad el cual es realmente no nutritivo. Este es pobremente no absorbido en el tracto gastrointestinal (11-27%), sin embargo la sucralosa absorbida es excretada intacta en la orina y la no absorbida en las eses fecales. La sucralosa es sintetizada de la sucrosa reemplazando tres grupos hidroxilo por un cloro respectivamente. Químicamente hablando estos son 1,6 dicloro-1,6 dideoxi-beta- D fructofuranosil-4 cloro-4-deoxy-alfa-D-galactopiranoide. Este es 600 veces más dulce que la sucrosa, es estable a altas temperaturas y condiciones ácidas (Chandan 2006). La sucralosa no presenta ningún sabor amargo ni metálico astringente.

2.3.2 Sacarina

El perfil de dulzura de la sacarina es diferente de la sucrosa, este tiene una dulzura relativamente baja, la misma que incrementa antes que llegar al máximo de intensidad. La amargura y el sabor metálico astringente son características de la misma (Candido 1999). La sacarina es un compuesto sintético que es 300 veces más dulce que la sucrosa. No provee calorías y es excretado sin cambiarse a través de los riñones, este posee un relativo sabor amargo, sin embargo no es usado normalmente en yogur (Chandan 2006). El rango de uso de la sacarina es de 2-8% y la temperatura máxima a la que se degrada es 380° C (Wolf 1979; Nelson 2000).

En el cuadro 2 se muestra la ingesta diaria aceptada de dos tipos de edulcorantes

Cuadro 2. Ingesta diaria aceptada (IDA) de dos tipos edulcorantes

| Edulcorante | IDA (mg/Kg peso del cuerpo) |
|--------------------|------------------------------------|
| Sucralosa | 15.0 |
| Sacarina | 15.0 |

Fuente: Society of Dairy Technology adaptado por el autor.

2.4 INVESTIGACIONES RELACIONADAS

En las últimas dos décadas existe un creciente interés acerca de la salud y la calidad de vida, por lo que las personas han decidido reducir el consumo de alimentos ricos en azúcar, sal y grasa. La agroindustria alimentaria ha respondido a esta demanda mediante el descubrimiento y uso de endulzantes artificiales (edulcorantes) en comidas dietéticas y bebidas (Matsubara 2001). Yogures reducidos en calorías y con la inclusión de leche descremada en polvo en su formulación han seguido dicha tendencia y gozan de mucha popularidad en los Estados Unidos y en Europa. La calidad de estos productos depende de su cuerpo y textura, porque la cantidad de sólidos es relativamente baja, ante esto se usa estabilizadores para mejorar la textura y reducir la sinéresis (Mistry and Hassan 1992).

En la manufactura de yogur saborizado es deseable añadir algún agente endulzante y de acuerdo al estándar de identidad del yogur, yogur bajo en grasa y yogur sin grasa (FDA CFR parte 131.200 a la 206) se especifica la aprobación de cualquier endulzante nutritivo pueda ser usado (FDA 2007).

La cantidad de sucrosa en el yogur no debe exceder el 11% de la formulación, debido a su efecto inhibitor en el cultivo iniciador. Generalmente la adición del endulzante es previa a la pasteurización, resultando en una consistencia notablemente mejor (Chandan 2006). Al reemplazar el contenido de sucrosa en la formulación y reemplazarla por algún edulcorante no nutritivo la reducción significara aproximadamente un 70% del contenido de azúcar (Chandan 2006). De acuerdo al estándar de identidad para el yogur, yogur bajo en grasa y para el yogur sin grasa no se permite el uso de endulzantes no nutritivos, es por esta razón que se debe especificar el uso de los mismos en la etiqueta (O brien 2001).

Leche en polvo puede ser usada para enriquecer el contenido de proteínas de la leche antes de la fermentación e incrementar la viscosidad del yogur, permitiendo así mantener la calidad del producto. Es más común el uso de leche descremada en polvo, la cual no tiene efecto en el contenido de grasa de la leche base para elaboración del yogur (Chandan 2006). La leche descremada en polvo normal ha sido elaborada bajo altas temperaturas y como está comprobado, dicho polvo contiene un mayor concentración de proteína desnaturizada, la cual provee enlaces cruzados en el gel del yogur (Cho et al.1999).

El nivel de adición de leche en polvo determinara la viscosidad, la consistencia del gel y la habilidad para retener el desuerado del yogur. Varios estudios han demostrado la relación entre la adición de leche en polvo y las características reológicas del yogur (Becker y Puhan 1989; Harwalkar y Kalab 1986; Rohm 1993). Se comparó la viscosidad del yogur sin añadir leche descremada en polvo y con la adición de la misma en concentraciones de 1, 2 y 3%. La viscosidad aparente medida fue de 0.53, 0.65, y 0.77 pa.s respectivamente y una viscosidad aparente de 0.91 pa.s para yogures preparados con un cultivo clásico. Sin embargo, existen reportes de viscosidad muy variables. En el caso de la adición de leche descremada en polvo la viscosidad se incremento respectivamente en 22, 43 y 70% (Rhom 1993).

En el parámetro sensorial el sabor es definido como la combinación de sensaciones olfativas, gustativas y las sensaciones percibidas durante degustación. El término "aroma" se refiere a las propiedades organolépticas perceptibles por el órgano olfativo a través de la parte posterior de la nariz, es decir, la percepción olfativa retronasal cuando existe degustación (AFNOR 1995). Las características olfativas están de acuerdo con la liberación de los compuestos aromáticos del yogur. La relación existente es mientras más alto el contenido de proteína, mayor será la liberación de compuestos aromáticos (Saint-Eve 2006). En el cuadro 3 se presentan las definiciones de los descriptores (atributos sensoriales) utilizados para la evaluación del yogur light de fresa.

Cuadro 3. Definiciones de los descriptores (atributos sensoriales) utilizados para la evaluación del yogur light de fresa

| Atributo | Descripción |
|--------------------|---|
| Aroma | Detectar los defectos de aroma (por ejemplo, enmascarados, poco natural, cocidos, carece de frescura) por percepción olfativa de las muestras |
| Apariencia | Evaluar el color (blanquecino, rosado, rojo) de yogur |
| Textura | Evaluar la textura del producto, al revolverlo ligeramente, de determinar el comportamiento reológico del yogur en el envase y en la boca |
| Acidez | Evaluar la acidez (intensidad de acetaldehído) |
| Sabor | Evaluar el sabor (astringencia, sabor metálico, dulzura, amargura, salinidad) |
| Aceptación general | Evaluar la tasa de aceptación general, mediante la puntuación total de la muestra teniendo en cuenta apariencia, sabor, y perfiles de sabor |

Fuente: Soukoulis, et al. Adaptado por el autor

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN

El presente estudio de investigación se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. El proceso de elaboración del yogur light se realizó en la Planta Agroindustrial de Investigación y Desarrollo (PAID) y en la Planta de Industrias Lácteas de Zamorano. Los análisis físicos se realizaron en el laboratorio de Análisis de Alimentos Zamorano (LAAZ). Los análisis químicos se realizaron en el laboratorio de la planta de lácteos. Las evaluaciones sensoriales se realizaron en el Laboratorio de Evaluación Sensorial de la Planta Agroindustrial de Investigación y Desarrollo (PAID).

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1 Materiales

- Leche de vaca pasteurizada y estandarizada al 2.5% de grasa
- Cultivo lácteo (*Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *Bulgaricus*; (YC-180, Chr Hansen)
- Sacarina (Sweet n'low)
- Sucralosa (Splenda)
- Leche descremada en polvo
- Estabilizador para yogur
- Sorbato de potasio
- Pulpa de fresa (Natural Strawberry by Sensient)
- Colorante rojo (Cesco 8816)
- Sabor de fresa
- Pipetas 2 ml
- Papel de aluminio (Promos)
- Recipientes de acero y yogos

3.2.2 Equipos

- Marmita “Vulcan Modelo EC – 10 TW”
- Balanza analítica “Acculab Modelo PP201”
- Balanza analítica AND F515K
- Termómetros “Infrared Thermometer W/Laser Modelo 5224 – A”

- Homogenizador “Niro Soavi Typo: NS100112K”
- Batidora industrial “Waring Comercial Modelo WSB60”
- Envases de yogur de 190 gr. de capacidad
- Cuarto Frío

3.2.3 Materiales, ingredientes y equipos para análisis físicos-químicos, microbiológicos y sensoriales

- Alcohol (95%)
- Medio de cultivo: Violet Red Bile Agar VRBA
- Medio de cultivo: Potato Dextrosa Agar
- Agua destilada
- Agua peptonada
- Hidróxido de sodio
- Fenolftaleína al 1%
- Pipetas de 1, 2 y 10ml
- Bulbo
- Tubo de ensayo
- Probeta de 1000ml
- Platos petri
- Mechero
- Incubadora 37 ° C. Precision
- Calentador
- Viscosímetro de Brookfield modelo RVPV II +
- Colorflex Hunter L*, a*, b*
- Medidor de pH

3.3 ELABORACIÓN DEL YOGUR LIGHT DE FRESA

Se elaboraron cuatro tratamientos con diferente formulación para cada uno, las proporciones usadas se detallan en el cuadro tres. Los cuatro tratamientos contienen cultivo iniciador (YC – 180). La mezcla y la pasteurización se hicieron según el procedimiento de la planta de industrias lácteas, pero adaptadas a la maquinaria de la Planta Agroindustrial de Investigación y Desarrollo (PAID). Cada tratamiento se realizó para una formulación de 3 kg, los cultivos se inocularon a 43 ° C hasta alcanzar un ATECAL de 0.65, acidez suficiente para coagular la mezcla. Al alcanzar el ATECAL deseado se maduro el yogur a 4 ° C hasta alcanzar un ATECAL de 0.9 a 1.1%. Finalmente se agregaron y se mezclaron la pulpa de fruta, el colorante, saborizante y perseverante. Se almacenó los recipientes con yogur en cuarto frío a 4 ° C.

La formulación de los tratamientos de yogur light de fresa se presentan a continuación en el cuadro 4.

Cuadro 4. Formulación del yogur light de fresa por tratamientos.

| Ingredientes | Tratamiento | | | |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| | LDP 5.8% sucralosa | LDP 6.9% sucralosa | LDP 5.8% Sacarina | LDP 6.9% sacarina |
| Leche (ml) | 2568 | 2538 | 2568 | 2538 |
| Edulcorante (g) | 21 | 21 | 21 | 21 |
| LDP (g) | 162 | 192 | 162 | 192 |
| Estabilizador (g) | 15 | 15 | 15 | 15 |
| Colorante (ml) | 1.87 | 1.87 | 1.87 | 1.87 |
| Sabor artificial (ml) | 4.5 | 4.5 | 4.5 | 4.5 |
| Pulpa de fresa (g) | 102.15 | 102.15 | 102.15 | 102.15 |
| Sorbato de potasio (g) | 1.95 | 1.95 | 1.95 | 1.95 |

LDP: Leche descremada en polvo

3.4 DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE PROCESO DEL YOGUR LIGHT DE FRESA

En la figura 1 se muestra el diagrama de flujo de proceso para la elaboración de yogur light de fresa. A continuación se describe el flujo de procesos.

- 1. Estandarizado:** Se estandariza la leche a 2.5% de grasa.
- 2. Precalentamiento y mezcla de ingredientes:** Se precalienta la leche a 40 ° C en la marmita y luego se agregan los ingredientes sólidos: leche en polvo, edulcorante y estabilizador para yogur. Se mezcla usando mezcladora industrial de acero.
- 3. Pasteurización:** Se pasteuriza la leche a 85 ° C por 30 minutos.
- 4. Pre-enfriamiento:** Se enfría la mezcla hasta alcanzar una temperatura de 60 ° C.
- 5. Homogenización:** Se homogeniza la mezcla a 140 bares (2000 PSI).
- 6. Enfriamiento:** Se enfría hasta alcanzar los 43 ° C.
- 7. Inoculación:** Se inoculan 15 mililitros de cultivo láctico iniciador *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* (YC180), hasta alcanzar un ATECAL de 0.65 %.
- 8. Maduración:** Se madura la mezcla en el cuarto frío a 4 ° C durante aproximadamente 24 horas hasta alcanzar un ATECAL entre 0.9 y 1.1 %.
- 9. Mezcla de ingredientes:** Se agrega la pulpa de fresa, saborizante, colorante y sorbato de potasio.
- 10. Almacenado:** El yogur se almacena en cuarto frío a 4 ° C y se envasan 3 envases de 190 g por cada repetición de cada tratamiento.

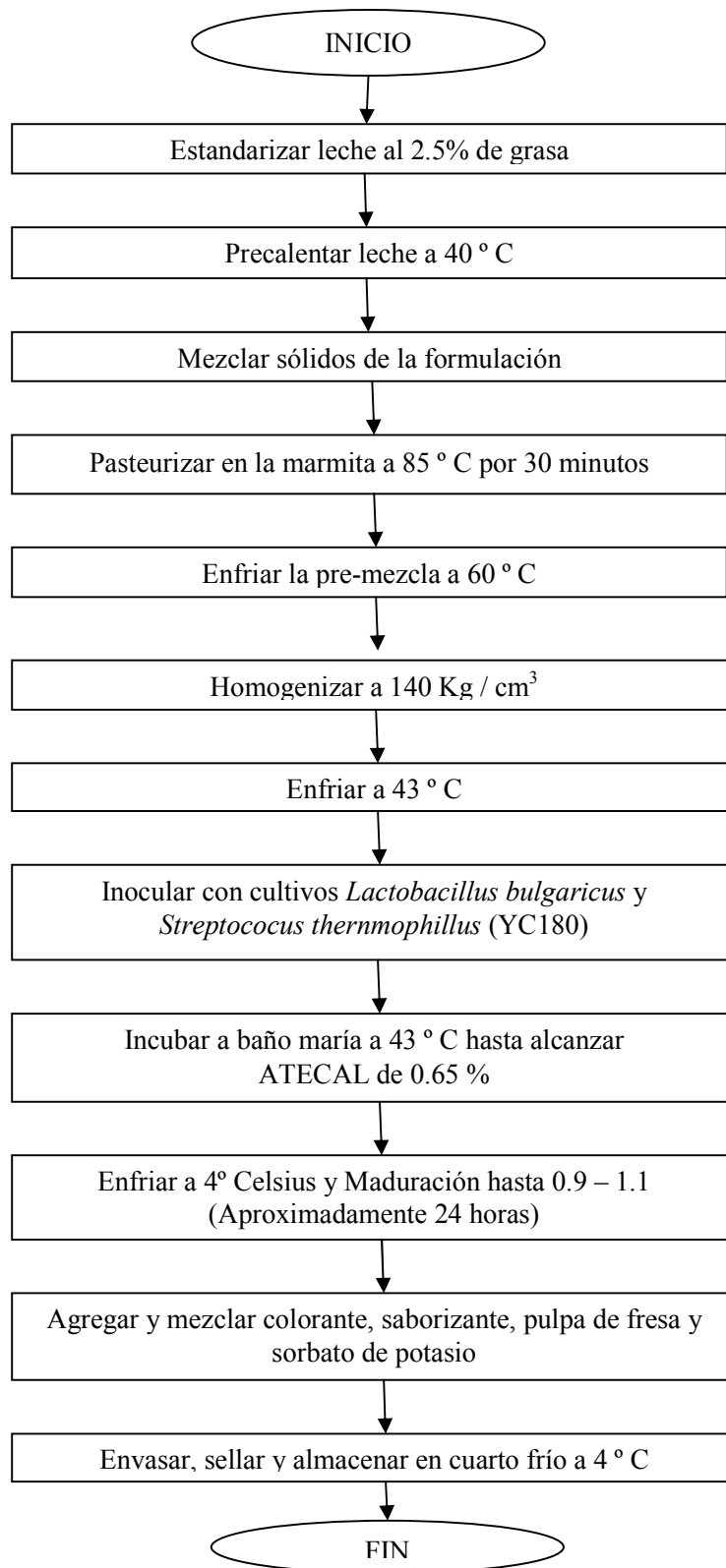


Figura 1. Diagrama de flujo para la elaboración de yogur light de fresa.

3.5 MEDICIONES DURANTE EL PROCESO

3.5.1 Temperatura

Las temperaturas de pasteurización (85 ° C) e inoculación (43 ° C) se midieron durante todo el proceso con un termómetro láser.

3.5.2 Tiempo

Se controló la hora de inicio y de finalización para cumplir con los 30 minutos requeridos. Además, se registró la hora de inicio y de finalización de incubación.

3.5.3 Acidez Titulable

La acidez de la mezcla en inoculación se midió cada 20 minutos hasta alcanzar un ATECAL de 0.65%. Además se midió la acidez al finalizar el periodo de maduración. Las mediciones se realizaron siguiendo el procedimiento de medición de acidez titulable descrito por Revilla (1995) en el libro Industria Láctea. El procedimiento se detalla a continuación:

3.5.3.1 Materiales

- Mezcla de yogur
- Fenolftaleína
- NaOH al 0.1 Normal

3.5.3.2 Equipo

- Taza de color blanco
- Pipeta de 10 ml
- Balanza
- Bulbo
- Equipo de titulación: guantes y campana de gases

3.5.3.3 Procedimiento

1. Poner 9 mililitros de muestra en la taza blanca.
2. Añadir 3 gotas de la solución de fenolftaleína.
3. Titular con solución de 0.1 Normal de hidróxido de sodio (NaOH).
4. El volumen de NaOH indicado en el titulador es la acidez titulable de la muestra.
5. Cuando se está añadiendo la solución alcalina se debe agitar constantemente de manera circular. La adición de NaOH debe ser en pequeñas cantidades para evitar que pase inadvertido el primer cambio de color y se obtenga un rosado intenso, en este caso hay que repetir la prueba.

3.6 ANÁLISIS SENSORIAL

Se realizó una evaluación sensorial exploratorio de aceptación con un panel no entrenado de 12 personas, pero con consumo habitual de productos lácteos.

3.6.1 Variables

- Apariencia
- Aroma
- Acidez
- Textura
- Sabor
- Aceptación General.

Se usó una escala hedónica siendo 1= me disgusta mucho y 5= me gusta mucho.

El mejor tratamiento con mayor aceptación por los panelistas fue sometido a una prueba de preferencia pareada junto con el yogur Yoplait Light de Fresa. La prueba se realizó a 100 personas, para determinar el producto que más gusta a los consumidores.

3.7 ANÁLISIS FÍSICO

Los análisis físicos de viscosidad y color se realizaron en el LAAZ, en el día cero después de la elaboración de cada tratamiento, usando vasos de 190 g con yogur de fresa light. Para medir viscosidad se usó el viscosímetro de Brookfield con el implemento tres, y el análisis de color se realizó con el colorímetro Colorflex Hunter L*, a*, b* donde se describen los colores en tres ejes de coordenadas. El valor L* mide la claridad, es decir que tan negro o que tan blanco es el producto es una escala de 0 – 100, siendo 0 negro y 100 blanco. El valor a* mide en el espectro visible los colores del verde al rojo, siendo a (-) verde y a (+) rojo. El valor de b* es del azul al amarillo, siendo b (-) azul y b (+) amarillo.

3.8 ANÁLISIS QUÍMICO

El análisis químico de acidez se realizó en el día cero de la elaboración de yogur. El análisis se realizó en el laboratorio de la planta de lácteos usando el procedimiento de acidez titulable expresada como ATECAL según el procedimiento de medición de acidez titulable. El análisis químico final de acidez (pH) se realizó en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ).

3.9 PRUEBAS MICROBIOLÓGICAS

Se realizó conteos de coliformes fecales en el día cero a los cuatro tratamientos usando el medio Violet Red Bilis Agar (VRBA) y conteos de hongos y levaduras a los cuatro tratamientos usando el medio Potato Dextrosa Agar (PDA). Además en los dos tipos de

conteos se uso la técnica de vertido, incubándose a 37 ° C por 24 horas y luego se realizara un conteo de ufc/ml tomando en cuenta la norma FIL Norma 117A:1988, aprobada por el Codex Alimentarius y/o por las normas ICAITI (2002).

3.10 DISEÑO EXPERIMENTAL

En la figura 2 se presenta el diseño experimental usado para la elaboración de los tratamientos de yogur light de fresa.

| Nivel | Leche descremada en polvo 5.8 | | Leche descremada en polvo 6.9 | |
|------------|-------------------------------|----------|-------------------------------|----------|
| Subnivel | Sucralosa | Sacarina | Sucralosa | Sacarina |
| Repetición | UE 1 | UE 2 | UE 3 | UE 4 |
| | UE 5 | UE 6 | UE 7 | UE 8 |
| | UE 9 | UE 10 | UE 11 | UE 12 |

Figura 2. Diseño experimental: parcelas divididas.

3.11 TRATAMIENTOS

- **Tratamiento 1:** Yogur light de fresa con 5.8 % de leche descremada en polvo y edulcorante Sucralosa.
- **Tratamiento 2:** Yogur light de fresa con 5.8 % de leche descremada en polvo y edulcorante Sacarina.
- **Tratamiento 3:** Yogur light de fresa con 6.9 % de leche descremada en polvo y edulcorante Sucralosa.
- **Tratamiento 4:** Yogur light de fresa con 6.9 % de leche descremada en polvo y edulcorante Sacarina.

3.12 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados obtenidos se evaluaron con el programa estadístico SAS “Statistical Analysis System,” se realizaron análisis de varianza (ANDEVA), con una separación de medias Tukey y con una probabilidad menor a 0.05% para determinar si existen diferencias entre los tratamientos. Los resultados de la prueba de preferencia pareada se analizaran con la tabla estadística T-student.

3.13 ANÁLISIS DE REDUCCIÓN DE CALORÍAS

El análisis de calorías se efectuó con el software Food Processor SQL (versión 10.4.0). Los ingredientes usados en los tratamientos se seleccionaron de una base de datos del

programa, una vez ingresados los datos, se procesa la información y se calcula el aporte calórico aproximado.

3.14 ANÁLISIS DE COSTOS

Se realizó un análisis de costos variables del yogur light de fresa para determinar las diferencias en costos y así poder diferenciarlo de los costos de los demás presentaciones de yogur existentes en la planta, también este análisis sirve para sugerir el precio de venta del nuevo producto. No se consideraron los costos fijos de la producción, ya que no existe una contabilidad de costos fijos de la producción en la Planta de Industrias Lácteas.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS SENSORIAL DE ACEPTACIÓN

4.1.1 Apariencia

Según el cuadro 5 los panelistas encontraron diferencias significativas entre todos los tratamientos en la apariencia. El tratamiento con 6.9% de leche descremada en polvo y edulcorante sucralosa obtuvo la mayor calificación, seguidos por el tratamiento con 6.9% de leche descremada en polvo y edulcorante sacarina. Los tratamientos con menor calificación de apariencia fueron el tratamiento con 5.8% de leche descremada en polvo y edulcorante sucralosa y por el tratamiento con 5.8% de leche descremada en polvo y edulcorante sacarina. La preferencia por el tratamiento con 6.9% de leche descremada en polvo y edulcorante sucralosa se justifica por la alta calificación en la intensidad de color rojo (Valor a*) dado por el colorímetro Hunter L*, a*, b*. Así también la diferencia reportada por los panelistas refleja el no entrenamiento de los mismos, ya que se dejaron influenciar por el resto de atributos y no calificaron a la variable apariencia de inicio como se les pidió.

Cuadro 5. Aceptación de acuerdo al atributo apariencia

| Tratamiento | Apariencia | |
|---------------------|----------------------|---------------------------------------|
| | Promedio \pm D.E.* | Separación de medias Tukey (P<0.05)** |
| LDP 6.9%, sucralosa | 4.36 \pm 0.49 | A |
| LDP 6.9%, Sacarina | 3.77 \pm 0.59 | B |
| LDP 5.8%, Sucralosa | 3.44 \pm 0.56 | C |
| LDP 5.8%, Sacarina | 2.83 \pm 0.37 | D |
| CV ^φ (%) | 7.27 | |
| PF CC | <0.0001 | |
| PF EDU | <0.0001 | |
| PP CC*EDU | 0.8698 | |

LDP: Leche descremada en polvo

*D.E.: Desviación Estándar

** : Tratamientos seguidos de letras distintas son significativamente diferentes (P<0.05)

CV^φ: Coeficiente de variación

PF CC: Probabilidad del factor concentración de LDP

PF EDU: Probabilidad del factor tipo de edulcorante

PP CC*EDU: Probabilidad de la interacción concentración de LDP y el tipo de edulcorante

4.1.2 Aroma

Según los resultados obtenidos (cuadro 6) los panelistas encontraron diferencia en el tratamiento con 6.9% de leche descremada en polvo y edulcorante sucralosa, para los demás tratamientos no se reportó diferencia significativa, lo que se justifica dada la no adición del ingrediente súper aroma de fresa que se usaba en formulaciones pasadas. El encontrar diferencias en el aroma es un potencial de explotación en el mercado, dado la alta influencia del aroma en las sensaciones de sabor de los alimentos.

Cuadro 6. Aceptación de acuerdo al atributo aroma

| Tratamiento | Aroma | |
|---------------------|----------------------|---------------------------------------|
| | Promedio \pm D.E.* | Separación de medias Tukey (P<0.05)** |
| LDP 6.9%, sucralosa | 4.16 \pm 0.61 | A |
| LDP 6.9%, Sacarina | 3.47 \pm 0.88 | B |
| LDP 5.8%, Sucralosa | 3.38 \pm 0.69 | B |
| LDP 5.8%, Sacarina | 3.16 \pm 0.65 | B |
| CV ^φ (%) | 9.23 | |
| PF CC | <0.0001 | |
| PF EDU | <0.0001 | |
| PP CC*EDU | 0.0376 | |

LDP: Leche descremada en polvo

*D.E.: Desviación Estándar

** : Tratamientos seguidos de letras distintas son significativamente diferentes (P<0.05)

CV^φ: Coeficiente de variación

PF CC: Probabilidad del factor concentración de LDP

PF EDU: Probabilidad del factor tipo de edulcorante

PF CC*EDU: Probabilidad de la interacción concentración de LDP y el tipo de edulcorante

4.1.3 Acidez

En el cuadro 7 se encontraron diferencias significativas en la variable acidez, los panelistas dieron la mayor calificación de acidez al tratamiento con 6.9% de leche descremada en polvo y edulcorante sucralosa, seguido por el tratamiento 6.9% de leche descremada en polvo y edulcorante sacarina. Los tratamientos con 5.8% de leche descremada en polvo y edulcorante sucralosa y con 5.8% de leche descremada en polvo y edulcorante sacarina no presentaron diferencias significativas. Los tratamientos con mayor contenido de leche descremada en polvo presentaron mayor acidez, debido a que el contenido de lactosa se incrementa, aumentando así la habilidad de la bacteria de producción de acidez.

Cuadro 7. Aceptación de acuerdo al atributo acidez

| Tratamiento | Acidez | |
|---------------------|----------------------|--|
| | Promedio \pm D.E.* | Separación de medias Tukey ($P < 0.05$)** |
| LDP 6.9%, sucralosa | 4.33 \pm 0.53 | A |
| LDP 6.9%, Sacarina | 3.75 \pm 0.60 | B |
| LDP 5.8%, Sucralosa | 3.36 \pm 0.72 | C |
| LDP 5.8%, Sacarina | 3.27 \pm 0.54 | C |
| CV ^φ (%) | 8.19 | |
| PF CC | <0.0001 | |
| PF EDU | 0.0008 | |
| PP CC*EDU | 0.0109 | |

LDP: Leche descremada en polvo

*D.E.: Desviación Estándar

** : Tratamientos seguidos de letras distintas son significativamente diferentes ($P < 0.05$)

CV^φ: Coeficiente de variación

PF CC: Probabilidad del factor concentración de LDP

PF EDU: Probabilidad del factor tipo de edulcorante

PP CC*EDU: Probabilidad de la interacción concentración de LDP y el tipo de edulcorante

4.1.4 Textura

En cuadro 8 se presentan las medias y las separaciones de medias por la herramienta estadística. Se encontraron diferencias significativas entre todos los tratamientos en cuanto a la variable de textura. El tratamiento con mayor calificación fue el tratamiento con 6.9% de leche descremada en polvo y edulcorante sucralosa, seguido por el tratamiento con 6.9% de leche descremada en polvo y edulcorante sacarina. A continuación también los siguientes tratamientos presentaron diferencias significativa, pero con menor calificación y fueron el tratamiento con 5.8% de leche descremada en polvo y edulcorante sucralosa, junto a el tratamiento con 5.8% de leche descremada en polvo y edulcorante sacarina. Lo que se justifica dado la reducción en el contenido de sucrosa que se compenso con el incremento de la leche descremada en polvo.

Cuadro 8. Aceptación de acuerdo al atributo textura.

| Tratamiento | Textura | |
|---------------------|----------------------|--|
| | Promedio \pm D.E.* | Separación de medias Tukey ($P < 0.05$)** |
| LDP 6.9%, sucralosa | 4.16 \pm 0.61 | A |
| LDP 6.9%, Sacarina | 3.39 \pm 0.60 | B |
| LDP 5.8%, Sucralosa | 3.08 \pm 0.77 | BC |
| LDP 5.8%, Sacarina | 2.88 \pm 0.82 | C |
| CV ^φ (%) | 11.26 | |
| PF CC | <0.0001 | |
| PF EDU | 0.0001 | |
| PP CC*EDU | 0.0179 | |

LDP: Leche descremada en polvo

*D.E.: Desviación Estándar

** : Tratamientos seguidos de letras distintas son significativamente diferentes ($P < 0.05$)

CV^φ: Coeficiente de variación

PF CC: Probabilidad del factor concentración de LDP

PF EDU: Probabilidad del factor tipo de edulcorante

PP CC*EDU: Probabilidad de la interacción concentración de LDP y el tipo de edulcorante

4.1.5 Sabor

El siguiente cuadro se presentan medias y separación de medias para la variable sabor. El yogur con mayor aceptación fue el tratamiento con 6.9% de leche descremada en polvo y edulcorante sucralosa, debido a que los panelistas en su mayoría centroamericanos (9) gustan de un yogur más ácido. Los demás tratamientos no presentaron diferencias significativas de acuerdo a la separación de medias Tukey ($P < 0.05$).

Cuadro 9. Aceptación de acuerdo al atributo sabor.

| Tratamiento | Sabor | |
|---------------------|----------------------|--|
| | Promedio \pm D.E.* | Separación de medias Tukey (P<0.05)** |
| LDP 6.9%, sucralosa | 4.38 \pm 0.49 | A |
| LDP 6.9%, Sacarina | 3.16 \pm 0.97 | B |
| LDP 5.8%, Sucralosa | 2.91 \pm 1.05 | B |
| LDP 5.8%, Sacarina | 2.69 \pm 0.79 | B |
| CV ^φ (%) | 14.22 | |
| PF CC | <0.0001 | |
| PF EDU | 0.0001 | |
| PP CC*EDU | 0.0010 | |

LDP: Leche descremada en polvo

*D.E.: Desviación Estándar

** : Tratamientos seguidos de letras distintas son significativamente diferentes (P<0.05)

CV^φ: Coeficiente de variación

PF CC: Probabilidad del factor concentración de LDP

PF EDU: Probabilidad del factor tipo de edulcorante

PP CC*EDU: Probabilidad de la interacción concentración de LDP y el tipo de edulcorante

4.1.6 Aceptación general

Según los resultados obtenidos en el cuadro 10 se encontraron deferencias significativas por el tratamiento con 6.9% de leche descremada en polvo y edulcorante sucralosa, debido a que el panel califico con mayor puntuación en las demás variables. Los demás tratamientos no presentaron diferencias significativas de acuerdo a la separación de medias Tukey (P<0.05).

Cuadro 10. Aceptación de acuerdo al atributo aceptación general.

| Tratamiento | Aceptación general | |
|---------------------|----------------------|--|
| | Promedio \pm D.E.* | Separación de medias Tukey ($P < 0.05$)** |
| LDP 6.9%, sucralosa | 4.36 \pm 0.54 | A |
| LDP 6.9%, Sacarina | 3.02 \pm 0.81 | B |
| LDP 5.8%, Sucralosa | 2.97 \pm 0.91 | B |
| LDP 5.8%, Sacarina | 2.58 \pm 0.73 | B |
| CV ^φ (%) | 12.86 | |
| PF CC | <0.0001 | |
| PF EDU | <0.0001 | |
| PP CC*EDU | 0.0004 | |

LDP: Leche descremada en polvo

*D.E.: Desviación Estándar

**: Tratamientos seguidos de letras distintas son significativamente diferentes ($P < 0.05$)CV^φ: Coeficiente de variación

PF CC: Probabilidad del factor concentración de LDP

PF EDU: Probabilidad del factor tipo de edulcorante

PP CC*EDU: Probabilidad de la interacción concentración de LDP y el tipo de edulcorante

4.2 ANÁLISIS FÍSICOS-QUÍMICOS

4.2.1 Viscosidad

La viscosidad se midió tomando la primera lectura del viscosímetro, usando el acople 3 a 100 RPM y con todos los tratamientos a una temperatura de 10 ° C.

En el cuadro 11 se presentan las medias y separación de medias para el análisis físico de viscosidad. El tratamiento con 6.9% de leche descremada en polvo y edulcorante sucralosa tuvo la mayor viscosidad, seguido por el tratamiento con 6.9% de leche descremada en polvo y edulcorante sacarina, ambos tratamientos tiene una mayor viscosidad debido al incremento del contenido de leche descremada en polvo en la formulación de dichos tratamientos. Las viscosidades reportadas son menores a las presentadas en la revisión bibliográfica, debido al tipo de formulación usado para yogur light, así como por la sustitución total del azúcar por edulcorantes. Los tratamientos 5.8% de leche descremada en polvo y edulcorante sucralosa y el tratamiento 5.8% de leche descremada en polvo y edulcorante sacarina, presentaron una menor viscosidad, habiendo diferencia significativa entre los mismos. Estos tratamientos se vieron afectados por la disminución del contenido de sucrosa, de esta manera los tratamientos con mayor viscosidad presentaron mejores calificaciones en la prueba de preferencia.

Cuadro 11. Análisis físico de viscosidad (100 RPM)

| Tratamiento | Viscosidad | |
|---------------------|----------------------|--|
| | Promedio \pm D.E.* | Separación de medias Tukey ($P < 0.05$)** |
| LDP 6.9%, sucralosa | 0.838 \pm 0.008 | A |
| LDP 6.9%, Sacarina | 0.817 \pm 0.007 | B |
| LDP 5.8%, Sucralosa | 0.449 \pm 0.007 | C |
| LDP 5.8%, Sacarina | 0.417 \pm 0.01 | D |
| CV ^ϕ (%) | 1.07 | |
| PF CC | <0.001 | |
| PF EDU | <0.001 | |
| PP CC*EDU | 0.2060 | |

LDP: Leche descremada en polvo

*D.E.: Desviación Estándar

** : Tratamientos seguidos de letras distintas son significativamente diferentes ($P < 0.05$)

CV^ϕ: Coeficiente de variación

PF CC: Probabilidad del factor concentración de LDP

PF EDU: Probabilidad del factor tipo de edulcorante

PP CC*EDU: Probabilidad de la interacción concentración de LDP y el tipo de edulcorante

4.2.2 Color

Según los resultados en el cuadro 12 para el análisis físico de color en el valor L*. El tratamiento con 5.8% de leche descremada en polvo y edulcorante sacarina presentó valores mayores en claridad, mientras que el tratamiento con 6.9% de leche descremada en polvo y edulcorante sucralosa obtuvo valores menores de claridad.

De igual manera se presentan los resultados (cuadro 13) para el análisis físico de color en el valor a*. El tratamiento con 6.9% de leche descremada en polvo y edulcorante sucralosa obtuvo valores de rojo fuertes y el tratamiento con 5.8% de leche descremada en polvo y edulcorantes sacarina presento un rojo menos fuerte.

Así también según los resultados en el cuadro 14 para el análisis físico de color en el valor b*. El tratamiento con 6.9% de leche descremada en polvo y edulcorante sucralosa presento una intensidad ligera de amarillo más baja, mientras que el tratamiento con 5.8% de leche descremada presento tonalidades de amarillo más fuerte.

Cuadro 12. Análisis físico de color: valor L*

| Tratamiento | Color: valor L* | |
|----------------------|----------------------|---------------------------------------|
| | Promedio \pm D.E.* | Separación de medias Tukey (P<0.05)** |
| LDP 5.8% + Sacarina | 74.17 \pm 0.01 | A |
| LDP 5.8% + Sucralosa | 73.72 \pm 0.07 | B |
| LDP 6.9% + Sacarina | 73.15 \pm 0.03 | C |
| LDP 6.9% + Sucralosa | 72.30 \pm 0.05 | D |
| CV ^φ (%) | 0.06 | |
| PF CC | <0.001 | |
| PF EDU | <0.001 | |
| PP CC*EDU | <0.001 | |

LDP: Leche descremada en polvo

*D.E.: Desviación Estándar

**: Tratamientos seguidos de letras distintas son significativamente diferentes (P<0.05)

CV^φ: Coeficiente de variación

PF CC: Probabilidad del factor concentración de LDP

PF EDU: Probabilidad del factor tipo de edulcorante

PP CC*EDU: Probabilidad de la interacción concentración de LDP y el tipo de edulcorante

Cuadro 13. Análisis físico de color: valor a*

| Tratamiento | Color: valor a* | |
|----------------------|----------------------|---------------------------------------|
| | Promedio \pm D.E.* | Separación de medias Tukey (P<0.05)** |
| LDP 6.9% + Sucralosa | 24.94 \pm 0.01 | A |
| LDP 6.9% + Sacarina | 24.74 \pm 0.02 | B |
| LDP 5.8% + Sucralosa | 24.24 \pm 0.01 | C |
| LDP 5.8% + Sacarina | 24.15 \pm 0.02 | D |
| CV ^φ (%) | 0.08 | |
| PF CC | <0.001 | |
| PF EDU | <0.001 | |
| PP CC*EDU | 0.0013 | |

LDP: Leche descremada en polvo

*D.E.: Desviación Estándar

**: Tratamientos seguidos de letras distintas son significativamente diferentes (P<0.05)

CV^φ: Coeficiente de variación

PF CC: Probabilidad del factor concentración de LDP

PF EDU: Probabilidad del factor tipo de edulcorante

PP CC*EDU: Probabilidad de la interacción concentración de LDP y el tipo de edulcorante

Cuadro 14. Análisis físico de color: valor b*

| Tratamiento | Color: valor b* | |
|----------------------|----------------------|---------------------------------------|
| | Promedio \pm D.E.* | Separación de medias Tukey (P<0.05)** |
| LDP 5.8% + Sacarina | 3.95 \pm 0.05 | A |
| LDP 5.8% + Sucralosa | 3.54 \pm 0.01 | B |
| LDP 6.9% + Sacarina | 2.80 \pm 0.06 | C |
| LDP 6.9% + Sucralosa | 2.39 \pm 0.05 | D |
| CV ^φ (%) | 1.54 | |
| PF CC | <0.001 | |
| PF EDU | <0.001 | |
| PP CC*EDU | 0.9545 | |

LDP: Leche descremada en polvo

*D.E.: Desviación Estándar

** : Tratamientos seguidos de letras distintas son significativamente diferentes (P<0.05)

CV^φ: Coeficiente de variación

PF CC: Probabilidad del factor concentración de LDP

PF EDU: Probabilidad del factor tipo de edulcorante

PP CC*EDU: Probabilidad de la interacción concentración de LDP y el tipo de edulcorante

4.2.3 Acidez (pH)

En el cuadro 15 se presentan los resultados de acidez (pH) para los tratamientos de yogur light de fresa. La diferencia de acidez (pH) para los tratamientos con 6.9% de leche descremada en polvo y edulcorante sacarina, por el tratamiento 5.8% de leche descremada en polvo y edulcorante sucralosa y por el tratamiento 5.8% de leche descremada en polvo y edulcorante sacarina no fue significativas. La mayor lectura promedio de pH la obtuvo el tratamiento con 5.8% de leche descremada en polvo y edulcorante sacarina. La menor lectura de pH la obtuvo el tratamiento con 6.9% de leche descremada en polvo y edulcorante sucralosa. Los panelistas calificaron con mayor puntuación en la variable de acidez al yogur con la menor lectura promedio de pH, siendo más ácido comparado al resto de tratamientos. De igual manera el tratamiento con menor aceptación en acidez fue el tratamiento con 5.8% de leche descremada en polvo, el mismo que obtuvo la mayor lectura promedio de pH, que es menos ácido que el resto de tratamientos.

Cuadro 15. Análisis físico de acidez (pH)

| Tratamiento | Acidez (pH) | |
|----------------------|----------------------|---------------------------------------|
| | Promedio \pm D.E.* | Separación de medias Tukey (P<0.05)** |
| LDP 5.8% + Sacarina | 4.460 \pm 0.01 | A |
| LDP 5.8% + Sucralosa | 4.453 \pm 0.01 | A |
| LDP 6.9% + Sacarina | 4.450 \pm 0.01 | A |
| LDP 6.9% + Sucralosa | 4.400 \pm 0.005 | B |
| CV ^φ (%) | 0.24 | |
| PF CC | 0.0013 | |
| PF EDU | 0.0027 | |
| PP CC*EDU | 0.0125 | |

LDP: Leche descremada en polvo

*D.E.: Desviación Estándar

**: Tratamientos seguidos de letras distintas son significativamente diferentes (P<0.05)

CV^φ: Coeficiente de variación

PF CC: Probabilidad del factor concentración de LDP

PF EDU: Probabilidad del factor tipo de edulcorante

PP CC*EDU: Probabilidad de la interacción concentración de LDP y el tipo de edulcorante

4.3 EFECTO DE LOS FACTORES

4.3.1 Efecto de los factores sobre las variables físico-químicas

De acuerdo a los resultados en el cuadro 16 se determinó que el factor concentración 6.9% de leche descremada en polvo tuvo mayor incidencia en las variables de valor a* y de la viscosidad, dado el incremento en el contenido del mismo, así también la acidez (pH) fue más baja para el mismo tratamiento.

Cuadro 16. Efecto del factor concentración de leche descremada en polvo sobre las variables físico-químicas.

| Concentración LDP | Variables Físico-químicas | | | | |
|-------------------|---------------------------|----------|----------|-------------|-------------------|
| | Valor L* | Valor a* | Valor b* | Acidez (pH) | Viscosidad (pa.s) |
| 6.9% | B | A | B | B | A |
| 5.8% | A | B | A | A | B |

Según el cuadro 17 el edulcorante sucralosa tuvo mayor incidencia sobre el valor a* y la viscosidad, de igual manera la acidez fue mayor para este factor.

Cuadro 17. Efecto del factor tipo de edulcorante sobre las variables físico-químicas.

| Tipo de edulcorante | Variables Físico-químicas | | | | |
|---------------------|---------------------------|----------|----------|-------------|-------------------|
| | Valor L* | Valor a* | Valor b* | Acidez (pH) | Viscosidad (pa.s) |
| Sucralosa | B | A | B | B | A |
| Sacarina | A | B | A | A | B |

4.3.2 Efecto de los factores sobre las variables sensoriales

De acuerdo a los resultados en el cuadro 18 y 19 se determinó que el factor concentración 6.9% de leche descremada en polvo y el edulcorante sucralosa respectivamente, tuvo mayor incidencia en las variables de apariencia, aroma, acidez, textura, sabor y aceptación general.

Cuadro 18. Efecto del factor concentración de leche descremada en polvo sobre las variables físico-químicas

| Concentración LDP | Variables sensoriales | | | | | |
|-------------------|-----------------------|-------|--------|---------|-------|--------------------|
| | Apariencia | Aroma | Acidez | Textura | Sabor | Aceptación General |
| 6.9% | A | A | A | A | A | A |
| 5.8% | B | B | B | B | B | B |

Cuadro 19. Efecto del factor tipo de edulcorante sobre las variables físico-químicas

| Tipo de edulcorante | Variables sensoriales | | | | | |
|---------------------|-----------------------|-------|--------|---------|-------|--------------------|
| | Apariencia | Aroma | Acidez | Textura | Sabor | Aceptación General |
| Sucralosa | A | A | A | A | A | A |
| Sacarina | B | B | B | B | B | B |

4.4 CORRELACIONES

4.4.1 Acidez pH – acidez sensorial

En el cuadro 20 se presentan los resultados de las correlaciones entre acidez (pH) y la acidez sensorial. Existió una correlación alta negativa entre el pH y la acidez, es decir, que entre menor sea el pH del yogur, recibirá mayor calificación por el panel sensorial en el atributo de acidez. Como resultado de la correlación se concluye que los consumidores prefieren el yogur con mayor acidez.

4.4.2 Color - apariencia

En el cuadro 20 se presentan los resultados de las correlaciones entre color y la apariencia sensorial.

Existió una correlación alta negativa encontrada entre el color L* y el atributo sensorial de apariencia, indica que entre más claridad tenga el yogur, menos será la calificación de apariencia que obtendrá.

El análisis estadístico de correlación entre el valor a* y la apariencia fue un correlación alta positiva, esto nos indica que entre mayor sea la tonalidad de rojo, mayor calificación de aceptación tendrá de los panelistas

Existió una correlación alta negativa entre el valor de b* y la apariencia, esto nos indica que entre menor tonalidad de amarillo tenga, mayor calificación de aceptación tendrá de los panelistas.

4.4.3 Viscosidad – textura

En el cuadro 20 se presentan los resultados de las correlaciones entre la viscosidad y la textura sensorial. Existe una correlación significativa positiva entre la variable de textura y el valor de viscosidad, esto significa que entre mayores sean los valores de viscosidad del yogur, mayores serán las calificaciones obtenidas en el atributo de textura del análisis sensorial.

Cuadro 20. Efecto del factor tipo de edulcorante sobre las variables físico-químicas

| Correlación entre variables | Coeficiente de correlación de Pearson | |
|---|---------------------------------------|------------------|
| | Valor correlacionado | Probabilidad > r |
| Color (valor L*) – apariencia sensorial | -0.984 | 0.01 |
| Color (valor a*) – apariencia sensorial | 0.934 | 0.06 |
| Color (valor b*) – apariencia sensorial | -0.973 | 0.02 |
| Acidez (pH) – acidez sensorial | -0.948 | 0.05 |
| Viscosidad – textura sensorial | 0.840 | 0.15 |

4.5 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

4.5.1 Conteo de coliformes y hongos y levaduras

Todos los yogures cumplían con las regulaciones sanitarias de Honduras, los mismos que son reportados en el cuadro 21. Los productos fueron inocuos reportando conteos <1 ufc/ml de coliformes y conteos de <1 ufc/ml en hongos y levaduras, indicando que no existió contaminación post-pasteurización.

Cuadro 21. Conteos reportados de coliformes y hongos y levaduras

| | Máximo permitido por ley | Conteos reportados |
|--------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| Coliformes totales | <10 ufc/ml | <1 ufc/ml |
| Hongos y levaduras | <10 ufc/ml | <1 ufc/ml |

4.6 ANÁLISIS DE PREFERENCIA

El análisis de la prueba de preferencia pareada se hizo con la Tabla Estadística T8 con un nivel de significancia del 5% y con un número de panelistas (n = 100). Los resultados reportados indican que debe haber como mínimo un número de 59 elecciones a favor de una respuesta para considerar que hay diferencias significativas. Se obtuvieron 67 elecciones para el tratamiento con 6.9% de leche descremada en polvo y edulcorante sucralosa, el mismo que se sometió a la prueba de preferencia pareada con el yogur Yoplait light de fresa. Esta preferencia se debió a que el yogur Yoplait de fresa también es reducido en grasa y en su formulación lleva gomas, por lo que su sabor y textura es diferente, además se debió a que el yogur light con 6.9% de leche descremada en polvo y edulcorante sucralosa presentó mayor viscosidad y acidez que el yogur light Yoplait de fresa.

4.7 ANÁLISIS DE REDUCCION DE CALORÍAS

El cuadro 23 muestra los resultados de la reducción de calorías. el yogur light de fresa con 6.9% de leche descremada en polvo y edulcorante sucralosa tiene una reducción del 25.22% en el valor de calorías con respecto a la formulación de yogur de fresa normal de la planta de industrias lácteas de Zamorano. Dicha formulación lleva consigo el reemplazo del 100% de azúcar por la misma, reduciendo considerablemente el valor calórico, a pesar de incrementar el porcentaje de leche descremada en polvo en la formulación. De acuerdo a los estándares establecidos por el Food and Drug Administration (FDA), al reducir en más del 20% el valor de calorías se denomina yogur light.

Cuadro 22. Análisis de reducción de calorías.

| Correlación entre variables | Calculo de calorías | |
|----------------------------------|---------------------|--|
| | (Kcal)* | Reducción de calorías con respecto a yogur de fresa Zamorano (%)** |
| Yogur de fresa Zamorano | 173.51 | - |
| Yogur light de fresa Zamorano*** | 129.74 | 25.22 |

(-): no aplica para yogur de fresa Zamorano.

* Datos de kilo calorías en una porción de 190 gramos, obtenidos por el software Food Processor SQL versión 10.4.0.

** Porcentaje de reducción calórica con respecto al yogur de fresa zamorano.

*** Formulación de yogur light con 6.9% de leche descremada en polvo y edulcorante sucralosa

4.8 ANÁLISIS DE COSTOS

Según el cuadro 24 se determinó que el costo variable de producción del yogur light de fresa en presentación de 190 g. es de L 6.03 (Cuadro 18), mientras que el yogur de otros sabores tiene un costo variable de L 4.94. Actualmente, el mercado hondureño cuenta con limitados productos de yogur light de fresa, lo cual sería una oportunidad para Zamorano el poder lanzar al mercado este producto lácteo. Se sugiere un precio de venta de L 12.06 para obtener una ganancia de 100% por unidad vendida. En caso de realizarse una reformulación de la mezcla para yogur light de fresa se sugiere hacer un nuevo análisis de costos variables.

Cuadro 23. Costo variable para el mejor tratamiento de yogur light de fresa con 6.9% de leche descremada en polvo y edulcorante sucralosa.

| Ingredientes | Unidades | Costo en bodega |
|---------------------------|-----------------|------------------------|
| Leche Estandarizada | ml | 1.472 |
| Splenda | g | 0.779 |
| Leche descremada en polvo | g | 0.960 |
| Estabilizador Yogur | g | 0.160 |
| Cultivo láctico de yogur | ml | 0.024 |
| Colorante rojo | ml | 0.031 |
| Sabor | ml | 0.193 |
| Pulpa de fresa | g | 1.097 |
| Sorbato de potasio | g | 0.021 |
| Envase plástico | unidad | 1.070 |
| Etiqueta Yogur de Fresa | unidad | 0.100 |
| Sello de seguridad | unidad | 0.120 |
| Costo Estándar | | 6.027 |

5. CONCLUSIONES

- El yogur light con 6.9% de leche descremada en polvo y edulcorante sucralosa tuvo la mejor aceptación en todas las variables.
- El incremento en la formulación de leche descremada en polvo aumento significativamente la viscosidad de los tratamientos. Tratamiento con 6.9% de leche descremada en polvo y edulcorante sucralosa, incremento hasta un 85.52% la viscosidad con respecto al tratamiento con 5.8% de leche descremada en polvo y edulcorante sucralosa. El tratamiento con 6.9% de leche descremada en polvo y edulcorante sacarina, incremento hasta un 95.92% la viscosidad con respecto al tratamiento con 5.8% de leche descremada en polvo y edulcorante sacarina.
- El yogur light de fresa con 6.9% de leche descremada en polvo y edulcorante sucralosa tuvo alta viscosidad, alto pH, y abundancia de tonos rojos en su color, así como alta aceptación en los atributos sensoriales de textura, acidez y apariencia respectivamente.
- El yogur light de fresa con 6.9% de leche descremada en polvo y edulcorante sucralosa obtuvo mejor preferencia por los consumidores en el panel sensorial preferencial debido a su viscosidad y acidez significativamente mayor.
- Se estimó que el costo variable de producción del yogur light de fresa fue de L 6.03.

6. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios con una reformulación del yogur light de fresa, en la que se pueda combinar dos edulcorantes al sustituirlos por el azúcar.
- Realizar estudio de sinéresis del yogur light a lo largo de su vida útil.
- Entrenar un panel sensorial para obtener resultados con mayor validez.
- Realizar un estudio de vida de anaquel del yogur light de fresa y desarrollar un nuevo empaque para la promoción del yogur al mercado meta.
- Para obtener un 100% de ganancia por unidad vendida se sugiere un precio de venta a los supermercados de L 12.06.

7. LITERATURA CITADA

AFNOR. 1995.. Controle de la qualite des produits alimentaires. Analyse sensorielle. NF ISO 5492 (Norme Francais—International Organization for Standardization 5492). pag 27–51

American Diabetes Association. 2009. Standards of Medical Care in Diabetes-2009. Journal of Diabates Care Vol 32. Suplemento 1:S13-S61; doi:10.2337/dc09-S013

Becker, T y Puham, Z. 1989. Effect of different processes to increase the milk solids non fat content on the rheological properties of yoghurt. Milchwissenschaft. Vol 57. pag 626 – 629.

Calorie Control Council (2002) Low-calorie sweeteners. Consultado el 29 de julio.2009. En línea. <http://www.caloriecontrol.org/lowcalqa.html>

Candido, L. 1999. Edulcorantes em leites fermentados. In Seminário Internacional de Leite Fermentados. Chr. Hansen and Tetra Pack.. pag 46–59.

Cardello, H, Da Silva, M; and Damásio, M. (2000). Análisis descriptivo de la cantidad de edulcorante en diferentes concentraciones. Ciencia y Tecnología de Alimentos Aliméntos. 20 318–328.

Chandan, R. 2006. Manufacturing Yogurt and Fermented Milks.

Cho et al. 1999. Rheological properties of acid milk gels as affected by the nature of the fat globule surface and heat treatment of milk. Journal of Dairy Technology. Vol 9. pag 537 – 545.

Codex Alimentarius. Métodos de análisis y muestreo para productos lácteos. Consultado el 22 de julio del 2008 (en línea). Disponible en: www.codexalimentarius.net/download/report/58/A199_11s.pdf

Consumer. 2005. Yogures y leches fermentadas. Consultado el 01 de julio.2008. En línea. Disponible en: <http://www.consumer.es/alimentacion/aprender-a-comer-bien/alimentos-light/examen/yogures.php>

El gastrónomo. 2007. Alimentos dietéticos. Consultado el 10 de julio.2008. En línea. Disponible en: <http://www.elgastronomo.com.ar/especiales/peso.htm>

Edulcorantes. Amarante, M. Consultado el 10 de julio.2008. En línea. Disponible en: http://www.doctorabotiz.com/index.php?option=com_content&view=article&catid=35:temas-de-nutricion&id=59:edulcorantes&Itemid=56

Food and Agricultural Organization. Métodos de Análisis y Muestreo para Productos Lácteos. Consultado el 22 de julio del 2008 (en línea). Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/meeting/005/w9503s/w9503s0q.htm>

Food and Drug Administration (FDA). 2004. U.S. Department of Health and Human Services. Code of Federal Regulations.

Harwalker, V y Kalab, M. 1986. Relationship between microstructure and susceptibility to syneresis in yogurt made from reconstituted nonfat dry milk. Journal of Food Microstructure. Vol 5. pag 287-294.

Matsubara, S. 2001 Alimentos funcionais: uma tendência que abre perspectivas aos laticínios. Indústria de Laticínios. Vol 6. pag 10–18.

Meilgaard, Civille y Carr. 2000. Sensory Evaluation Techniques. Pag 241-242.

Mistry, V y Hassan, H. 1992. Manufacture of nonfat yogurt from a high milk protein powder. Journal of Food Science. Vol 75. pag 947–957.

Nelson, A. 2000. Properties of high-intensity sweeteners. Alternative–Practical Guide for the Food Industry. American Association of Cereal Chemists. pag 17–30.

Norma del Codex para leches fermentadas. Codex Stan 243-2003. 2003. Codex alimentarius. Consultado el 01 de julio.2008. En línea. Disponible en: www.codexalimentarius.net/download/standards/400/CXS_243s.pdf

Pinheiro, et al. 2005. The effect of different sweeteners in low-calorie yogurts — a review. Journal of Dairy Technology. pag 1-7.

Rael, S. 2000. Artificial sweeteners. EHP Nutrition Newsletter 1st August. Consultado el 09 de julio.2008. En línea. Disponible en: <http://www.unn.edu/hpp/Listserve3.htm>. Accessed on 25/02/ 2002

Reglamento técnico centroamericano de alimentos RTCA 67.04.50:08. Criterios microbiológicos para la inocuidad de alimentos. Consultado el 24 de septiembre.2009. En línea. Disponible en: <http://www.dgrs.gob.hn/descargas/resoluciones%20alimentos/anexo%20res%20243-2009%20criterios%20microbiologicos.pdf>

Revilla, A. 1996. Tecnología de la leche. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

Revilla, A. 2000. Tecnología de la leche. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

Rohm, H. 1993. Influence of dry matter fortification on flow properties of yogurt. *Milchwissenschaft*. Vol 48. pag 614 – 617.

Saberine, P. 2002. Edulcorantes. Consultado el 01 de julio.2008. En línea. Disponible en: <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/002444.htm>

Saint-Eve, et al. 2006. Influence of Proteins on the Perception of Flavored Stirred Yogurts. *Journal of Dairy Science*. vol 89. pag 922-933

Soukoulis, et al. 2007. Industrial Yogurt Manufacture: Monitoring of Fermentation Process and Improvement of Final Product Quality. *Journal of Dairy Science*. pag 2641-2645

Tamine, A y Robinson, K. 1985. *Yoghurt Science and Technology*.

Wolf, E. 1979. Practical problems of cyclamate and saccharin incorporation in foodstuffs. In *Health and Sugar Substitutes*. pag 153–158.

8. ANEXOS

Anexo 1. Hoja de evaluación sensorial de aceptación de yogur light.

Evaluación Sensorial. Yogur light sabor a fresa.

Instrucciones:

- Por favor coloque su nombre y fecha en todas las hojas que se le entregan
- Se le presentarán cuatro muestras codificadas de yogur, 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, sabor, acidez, textura y aceptación general.
- Antes de probar cada muestra, evalúe primero la apariencia y el aroma.
- En la Escala: 1 significa extremadamente desagradable, 3 significa no me gusta, ni me disgusta, 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 _____:

| | Me disgusta mucho | No me gusta | Ni me gusta, ni me disgusta | Me gusta | Me gusta mucho |
|--------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Apariencia: | <input type="radio"/> 1 | <input type="radio"/> 2 | <input type="radio"/> 3 | <input type="radio"/> 4 | <input type="radio"/> 5 |
| Aroma: | <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"/> |
| Textura: | <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"/> |

Anexo 2. Hoja de evaluación sensorial de preferencia de yogur light.

Evaluación sensorial

Yogur light de fresa

Por favor marque con una "X" la muestra de yogur que más le guste.

714

329