

Modelación matemática y optimización en el desarrollo de un nuevo producto lácteo (Helado)

Karin Coello Ojeda^a Jocsy Garate Hidalgo^a José Arreaga Guayaquil^a

^a Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Km. 30.5 Vía Perimetral, Guayaquil, Ecuador
jgarate@espol.edu.ec; jarreaga@hotmail.com; kcoello@espol.edu.ec

Resumen. El presente estudio tuvo como objetivo desarrollar un nuevo producto lácteo (helado de leche con grasa vegetal) que cumpla parámetros nutricionales en función del Acuerdo Interministerial No. 004-10, vigente desde octubre del 2010. De un grupo objetivo compuesto de una población de 270 de niños, entre 5 y 9 años de edad, de una escuela fiscal de Guayaquil, se seleccionó una muestra de 57 alumnos, se determinó sus medidas antropométricas y su gasto energético por actividades físicas, y se estableció su requerimiento energético diario promedio, dando como resultado en niños 1935.40 kcal/día y en niñas 1859.53 kcal/día. Para determinar las variables de respuesta que se desea mejorar, tanto en lo nutricional como técnico y organoléptico, se empleó diseño de experimentos, para y así preestablecer ingredientes, proceso y características deseables del producto a elaborar. Se ejecutaron pruebas sensoriales con individuos en edad escolar de 11 a 12 años, para la determinación de su aceptación; con jueces entrenados se realizaron pruebas de diferenciación y perfil de textura. Para el nuevo producto lácteo se utilizó la herramienta de optimización lineal para determinar la proporción de ingredientes necesarios que cumplan la normativa y restricciones técnicas de la Norma INEN 706:2013 Helados, al menor costo. Los cálculos de las fórmulas para el helado fueron realizados con el complemento de Microsoft Excel Solver, para la optimización lineal. Finalmente se realizaron análisis de resultados para la determinación del tiempo de vida útil del producto, y la estimación de costos para establecer el precio de venta al público.

Palabras Clave: Producto lácteo, Acuerdo Interministerial.

1 Introducción

El Acuerdo Interministerial No. 004 -10 entre los Ministerios de Educación y Salud Pública, firmado el 15 de Octubre de 2010, expidió un reglamento sustitutivo para el funcionamiento de Bares Escolares para el Sistema Nacional de Educación con el propósito de promover hábitos alimenticios saludables.

Siendo el helado un producto apetecido por los niños en edad escolar, se tiene como objetivo general obtener un helado de leche con grasa vegetal que se comercialice en los bares escolares. Para ello se elabora una metodología que cumpla los siguientes objetivos específicos:

- 1.- Alinear los requerimientos legales de la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 7062013 HELADOS con los del Acuerdo Interministerial No. 004 -10.
- 2.- Desarrollar fórmulas tentativas considerando criterios de calidad de aceptación como dureza y derretimiento que son influenciados por dos factores; azúcar y grasa; y empleando DOE establecer dos niveles para cada uno de los ingredientes mencionados para estadísticamente analizar sus interacciones con las variables de respuesta seleccionadas.
- 3.- Optimizar la fórmula preestablecida considerando restricciones nutricionales, técnicas y organolépticas.
- 4.- Validar la formulación final del helado de leche con grasa vegetal y el cumplimiento de los parámetros físicos, químicos, microbiológicos con la NTE INEN 706-2013 HELADOS y el Acuerdo Interministerial 004-10.

1 Materiales y métodos

1.1 Identificación del grupo objetivo

El grupo objetivo fueron niños y niñas de la escuela fiscal ubicada en el centro de la ciudad de Guayaquil, en las calles 9 de Octubre y Avenida del Ejército, que opera bajo el nombre de “Escuela Pedro Carbo”.

De este grupo objetivo se segmentó a los niños y niñas, entre 5 y 9 años de edad, dado que, muchas observaciones sugieren que dos o posiblemente tres períodos críticos existen para el desarrollo de la obesidad y sus complicaciones: período de gestación, la primera infancia (entre 5 y 7 años de edad) y la adolescencia [1].

1.2 Muestreo

Para el cálculo de la cantidad de muestra de niños y niñas se utilizó el sistema de muestreo Military Standar 105 D.

De acuerdo al número de estudiantes entre 5 a 9 años, se segmentó la población por edades, y se estableció la letra código para el tamaño de la muestra. A continuación se detalla de acuerdo al sexo y edades el número de muestra a tomar, como se aprecia en la Tabla 1 y 2.

Tabla 1. Muestreo de Niños entre 5 y 9 años

| Edad (años) | Población | Muestra |
|-------------|-----------|---------|
| 5 | 15 | 3 |
| 6 | 20 | 5 |
| 7 | 25 | 5 |

| | | |
|---|----|---|
| 8 | 23 | 5 |
| 9 | 20 | 5 |

Elaborado Jocsy Garate y Jose Arreaga, 2014

Tabla 2. Muestreo de Niñas entre 5 y 9 años

| Edad (años) | Población | Muestra |
|-------------|-----------|---------|
| 5 | 24 | 5 |
| 6 | 25 | 5 |
| 7 | 38 | 8 |
| 8 | 50 | 8 |
| 9 | 30 | 8 |

Elaborado Jocsy Garate y Jose Arreaga, 2014

1.3 Cálculos

Se realizaron tomas de las medidas antropométricas y cálculos del requerimiento energético de las niñas y niños del grupo objetivo.

1.3.1 Medidas antropométricas

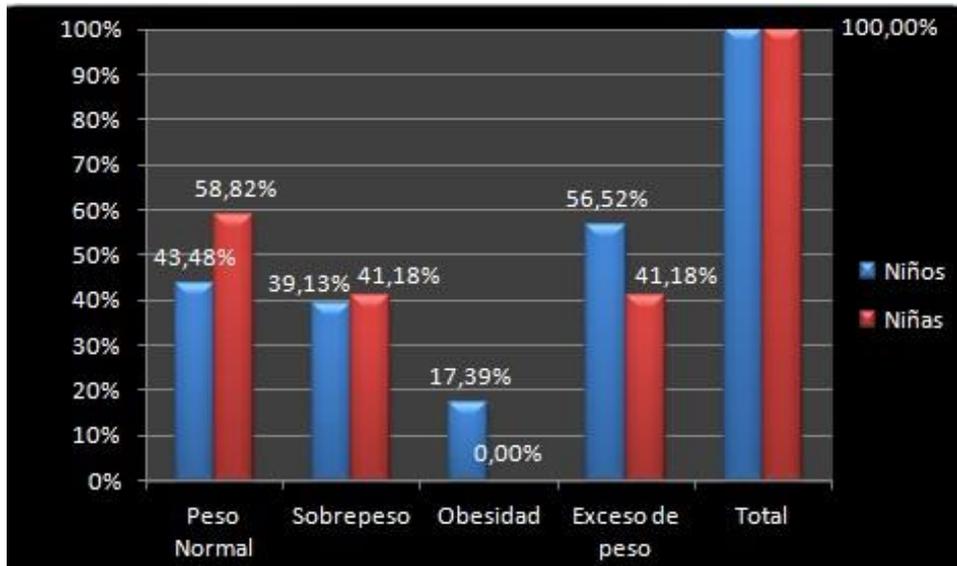


Figura 1. Resultado de la clasificación según la Edad – IMC - Percentil Prevalencia de Sobrepeso/Obesidad en escolares entre 5 a 9 años de la escuela Pedro Carbo

En este muestreo se puede apreciar que la tendencia en exceso de peso en el grupo objetivo en estudio (sobrepeso y obesidad) está en el orden del 56,52 % y 41,18% para niños y niñas, respectivamente. Ver Figura 1.

1.3.2 Requerimiento energético

Para el cálculo del requerimiento energético se necesitó en primera instancia el resultado de la Tasa de Metabolismo Basal (TMB), siendo ésta la energía consumida en las actividades que brindan sostén a los procesos vitales, como la circulación y respiración, y que conserva la temperatura corporal.

En el cálculo de calorías consumidas en la TMB se utilizaron las ecuaciones para calcular la tasa de metabolismo basal a partir del peso corporal según Tabla 3 adjunta:

Tabla 3. Ecuaciones para calcular la tasa de metabolismo basal a partir del peso corporal (P)

| Rangos de Edad | kcal/día |
|----------------|--------------|
| Hombres | |
| 0 - 3 | 60,9 P - 54 |
| 3 - 10 | 22,7 P + 495 |
| 10 -18 | 17,5 P + 651 |
| 18 - 30 | 15,3 P + 679 |
| 30 - 60 | 11,6 P + 879 |
| > 60 | 13,5 P + 487 |
| Mujeres | |
| 0 - 3 | 61,0 P - 51 |
| 3 - 10 | 22,5 P + 499 |
| 10 -18 | 12,2 P + 746 |
| 18 - 30 | 14,7 P + 496 |
| 30 - 60 | 8,7 P + 829 |
| > 60 | 10,5 P + 596 |

Fuente: FAO/OMS/UNU: Necesidades de Energía y de Proteínas. Serie Inf Téc. 724 OMS, Ginebra 1985, Elaborado Jocsy Garate y Jose Arreaga, 2014

Escogiendo el promedio de pesos entre los niños y niñas entre 5 y 9 años de la encuesta realizada, se obtuvieron los siguientes resultados.

$$\text{Niños 3 – 10 años: TMB} = 22,7 P + 495 \quad (1)$$

$$= 22,7 (27,89)+495$$

$$= 1128 \text{ kcal/día}$$

$$\text{Niñas 3 – 10 años: TMB} = 22,5 P + 499 \quad (2)$$

$$= 22,5 (26,42)+499$$

$$= 1093 \text{ kcal/día}$$

Para determinar el GET de la población objetivo, se realizaron encuestas por recordatorio a los padres de familia acerca de las actividades realizadas durante el día por sus hijos. En la Tabla 4 se listan las actividades y sus promedios en horas, de los niños y niñas en observación durante un día normal.

Tabla 4. Promedio de horas de las actividades realizadas por los escolares en un día para calcular su Gasto Energético Total (Kcal/día)

| Niños | | | | |
|------------------------------------|-------|-------------|----------|---------|
| Actividades | Horas | MultiploTMB | TMB/Hora | GET |
| *Levantarse | 0,15 | 1,2 | 47,01 | 8,46 |
| Lavarse,vestirse, asearse | 0,25 | 1,6 | 47,01 | 18,80 |
| *Desayunar | 0,25 | 1,2 | 47,01 | 14,10 |
| Caminar a la escuela | 0,25 | 2,5 | 47,01 | 29,38 |
| Atender clases | 2,50 | 1,3 | 47,01 | 152,78 |
| **Actividades recreativas (recreo) | 1,00 | 4,4 | 47,01 | 206,84 |
| ***Atender clases | 2,25 | 1,3 | 47,01 | 137,50 |
| Caminar a casa | 0,30 | 2,5 | 47,01 | 35,26 |
| Almorzar | 0,50 | 1,2 | 47,01 | 28,21 |
| Lavarse,vestirse, asearse | 0,20 | 1,6 | 47,01 | 15,04 |
| ***Realizar tareas | 2,00 | 2,7 | 47,01 | 253,85 |
| **Jugar | 2,00 | 4,4 | 47,01 | 413,69 |
| *Cenar | 0,50 | 1,2 | 47,01 | 28,21 |
| *Ver Televisión | 3,85 | 1,2 | 47,01 | 217,19 |
| Dormir | 8,00 | 1 | 47,01 | 376,08 |
| Total | 24,00 | | Total | 1935,40 |

| Niñas | | | | |
|------------------------------------|-------|-------------|----------|---------|
| Actividades | Horas | MultiploTMB | TMB/Hora | GET |
| *Levantarse | 0,13 | 1,2 | 45,56 | 7,11 |
| Lavarse,vestirse, asearse | 0,27 | 1,6 | 45,56 | 19,68 |
| *Desayunar | 0,23 | 1,2 | 45,56 | 12,57 |
| Caminar a la escuela | 0,23 | 2,4 | 45,56 | 25,15 |
| Atender clases | 2,50 | 1,7 | 45,56 | 193,63 |
| **Actividades recreativas (recreo) | 1,00 | 4,2 | 45,56 | 191,35 |
| ***Atender clases | 2,25 | 1,7 | 45,56 | 174,27 |
| Caminar a casa | 0,29 | 2,4 | 45,56 | 31,71 |
| Almorzar | 0,50 | 1,2 | 45,56 | 27,34 |
| Lavarse,vestirse, asearse | 0,27 | 1,6 | 45,56 | 19,68 |
| ***Realizar tareas | 3,00 | 2,7 | 45,56 | 369,04 |
| **Jugar | 1,00 | 4,2 | 45,56 | 191,35 |
| *Cenar | 0,50 | 1,2 | 45,56 | 27,34 |
| *Ver Televisión | 3,33 | 1,2 | 45,56 | 182,06 |
| Dormir | 8,50 | 1 | 45,56 | 387,26 |
| Total | 24,00 | | Total | 1859,53 |

*Sentado tranquilamente, ** Actividad recreativa moderada,*** Trabajo en oficina,**** Limpieza Ligera (Fuente FAO/OMS/UNU. Necesidades de Energía y de Proteínas. Serie Inf. Técn. 724. OMS, Ginebra 1985)
Elaborado Jocsy Garate y Jose Arreaga, 2014

Con el registro de las actividades diarias de los niños se realizó el cálculo del Gasto Energético Total por actividad, para lo cual previamente se divide la Tasa de

Metabolismo Basal para las 24 horas del día (TMB/Hora), obteniéndose para los Niños el valor de 47,01 kcal/ hora y para las Niñas 45,56 kcal/ hora.

Para cada actividad, las horas se multiplican por el Gasto Energético Bruto en determinadas actividades (expresadas como múltiplo de la TMB, ver Tabla 4) y por la TMB/Hora, para determinar los parciales del Gasto Energético Total (GET), que sumado obtenemos el GET definitivo. En este estudio se obtuvo como resultado en niños 1935,40 kcal/día y en niñas 1859,53 kcal/día, siendo estos los requerimientos de energía que deben ser satisfechos en la alimentación diaria de cada uno de los grupos objetivos analizados en el muestreo en promedio.

1.4 Diseño experimental

Las variables seleccionadas en esta tesis son textura (dureza) y cuerpo (derretimiento), características importantes como concepto de calidad del producto terminado (helado). Estas características de calidad están condicionadas básicamente por la acción de dos factores controlables, % de grasa vegetal y % de azúcar, y nivel de aceptación del producto. Se requiere que el diseño de experimento se centre en el estudio de los factores controlables para que cada uno de ellos elegidos por el conocimiento y experiencia le sean asignados valores para obtener niveles que generan datos e información.

1.4.1 Determinación de variables experimentales

Teniendo como origen los parámetros de calidad del helado, se definieron a la dureza y al derretimiento como las variables de respuesta para el diseño experimental, ya que estas variables, después del sabor, se podrían definir como las más críticas para la aceptación del producto y se quiere establecer cómo afecta la formulación del helado en el comportamiento de estas variables.

Para la selección de los factores se tomó en cuenta que el Acuerdo Interministerial 004-10 limita el uso de grasa y azúcar, y además la experiencia y el conocimiento induce a plantear el supuesto de que estos factores podrían tener influencia sobre las variables de respuesta definidas conforme se muestra en la Tabla 5 y 6.

Tabla 5. Factores del diseño experimental. Variable de respuesta: Dureza

| Factor | Supuesto |
|---------------------------|--|
| Cantidad de Grasa Vegetal | El nivel de grasa vegetal afecta en proporción inversa a la dureza del helado. Los glóbulos de grasa están dispersos, emulsionados e inmersos en fase líquida dentro del helado y es dicha fase líquida que lo hace menos duro. |

| | |
|---|--|
| Cantidad de Azúcar de caña (sacarosa) | El nivel de azúcar afecta en proporción inversa la dureza del helado, debido a la concentración de sólidos solubles. |
|---|--|

E Elaborado Jocsy Garate y Jose Arreaga, 2014

Tabla 6. Factores del diseño experimental. Variable de respuesta: Derretimiento

| Factor | Supuesto |
|---|---|
| Cantidad de Grasa Vegetal | El nivel de grasa vegetal afecta en proporción directa al derretimiento del helado. |
| Cantidad de Azúcar de caña (sacarosa) | El nivel de azúcar afecta en proporción inversa al derretimiento del helado. |

Elaborado Jocsy Garate y Jose Arreaga, 2014

Dado que para cada uno de los experimentos planteados se tienen dos factores, se desarrolló un diseño 2k que es una de las familias de diseño de mayor impacto en la industria y en la investigación, debido a su versatilidad y eficacia [2]. El diseño 2k es un diseño experimental que tiene K factores con 2 niveles.

Para el experimento del derretimiento se plantearon las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula Ho: El porcentaje de grasa vegetal y el porcentaje de azúcar en el helado, y sus interacciones, no tienen efecto sobre el derretimiento del helado.

Hipótesis alterna H1: alguno de los tratamientos tiene efecto sobre el derretimiento del helado.

Para el experimento de la dureza se plantearon las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula Ho: El porcentaje de grasa vegetal y el porcentaje de azúcar en el helado, y sus interacciones, no tienen efecto sobre la dureza del helado.

Hipótesis alterna H1: alguno de los tratamientos tiene efecto sobre la dureza del helado.

1.5 Pruebas sensoriales

Se realizaron pruebas sensoriales con el propósito de evaluar y seleccionar entre 4 prototipos el que más se aproxime a un patrón (helado de marca actualmente comercializado en el mercado); para de esta manera comparar y definir un perfil de textura con características deseables que permita desarrollar el nuevo producto con características organolépticas preestablecidas. Se emplearon Consumidores: niños y niñas entre 11 y 12 años de una escuela de la ciudad de Guayaquil y Jueces Seminternados y Entrenados de una Empresa fabricante de helados de la misma ciudad.

A continuación en la Tabla 7 se muestran los datos de las muestras:

Tabla 7. Prototipos

| Productos |
|---|
| Helado de leche con grasa vegetal sabor vainilla D414 |
| Helado de leche con grasa vegetal sabor vainilla D49 |
| Helado de leche con grasa vegetal sabor vainilla D814 |
| Helado de leche con grasa vegetal sabor vainilla D89 |

Elaborado Jocsy Garate y Jose Arreaga, 2014

1.6 Estimación del tiempo de vida útil del producto terminado

Se utilizó el método de Ficha de Estabilidad Normal o también conocida como de Anaque, para la estimación del tiempo de vida útil del producto se tomó en consideración el material de empaque a utilizar y los análisis sensoriales, físicoquímicos y microbiológicos efectuados sobre una muestra del helado. La prueba se realizó en un periodo de tiempo de 6 meses, entre Octubre del 2013 a Abril del 2014, los análisis fueron realizados a temperatura ambiente de 24°C y Humedad Relativa de 65%; el producto se mantuvo inalterable en condiciones de congelación a -18°C durante el periodo de estudio.

1.7 Cálculo del aporte nutricional del producto

Se realizaron los cálculos teóricos a través de los datos de los ingredientes obtenidos de la optimización, de la cual se obtienen el aporte de carbohidratos, proteínas y grasas presentes en el helado para obtener las calorías teóricas del helado.

A continuación en la Tabla 8 se muestra el aporte nutricional teórico del producto:

Tabla 8. Información Nutricional Teórica

| Información Nutricional | | |
|-------------------------|--------|--------|
| Cantidad de Porción | | |
| | 100g | 84g |
| Valor calórico (kcal) | 149.36 | 125.46 |
| Proteínas (g) | 3.38 | 2.03 |
| Carbohidratos (g) | 18.75 | 11.25 |
| Grasas totales (g) | 6.70 | 4.02 |

| | | |
|-------------------|--------|-------|
| Grasas saturadas | 5.00 | 3.00 |
| Colesterol | 11.08 | 6.65 |
| Fibra Alimentaria | 0.13 | 0.08 |
| SNGL | 9.34 | 5.60 |
| FPDF | 14.00 | 8.40 |
| Dulzura relativa | 14.00 | 8.40 |
| Solidos totales | 30.00 | 18.00 |
| Calcio (mg) | 122.57 | 73.54 |
| Hiero (mg) | 0.01 | 0.01 |
| Sodio (mg) | 46.13 | 27.68 |

Elaborado Jocsy Garate y Jose Arreaga, 2014

1.8 Estimación de costos

Para la estimación del precio de venta al público del helado, primero fue necesario determinar los costos de elaboración del mismo. Los costos de mano de obra por unidad de helado fueron de \$0.0182. A esto se le agrega otros costos de transformación, como lo son energía eléctrica, depreciaciones, entre otros valores y se obtuvo un valor por unidad de helado de \$0.0135. Además de los valores antes mencionados, se adiciona el costo de la materia prima necesaria para la elaboración del helado con lo que se obtiene un valor por unidad de helado de \$0.0519, lo que da un valor total por unidad de \$0.0836.

Después de determinar los costos de elaboración por unidad de helado, se establece que el precio de venta al público será de \$0.30, con lo que se obtiene un margen bruto de ganancia del 72.13%.

2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

2.1 Resultados de pruebas experimentales

Realizada la experimentación, utilizando el software estadístico Minitab 15, se analizaron las variables de respuesta de cada tratamiento y se comprobó normalidad y homogeneidad de los datos (Ver Figura 2 y 5).

En el diseño de experimentos se establecieron tratamientos como porcentaje de grasa vegetal, porcentaje de azúcar y sus interacciones en el helado, así como los efectos de los mismos en el derretimiento y textura del producto final.

Resultados de Pruebas de Derretimiento

Los resultados de la prueba de derretimiento fueron los siguientes:

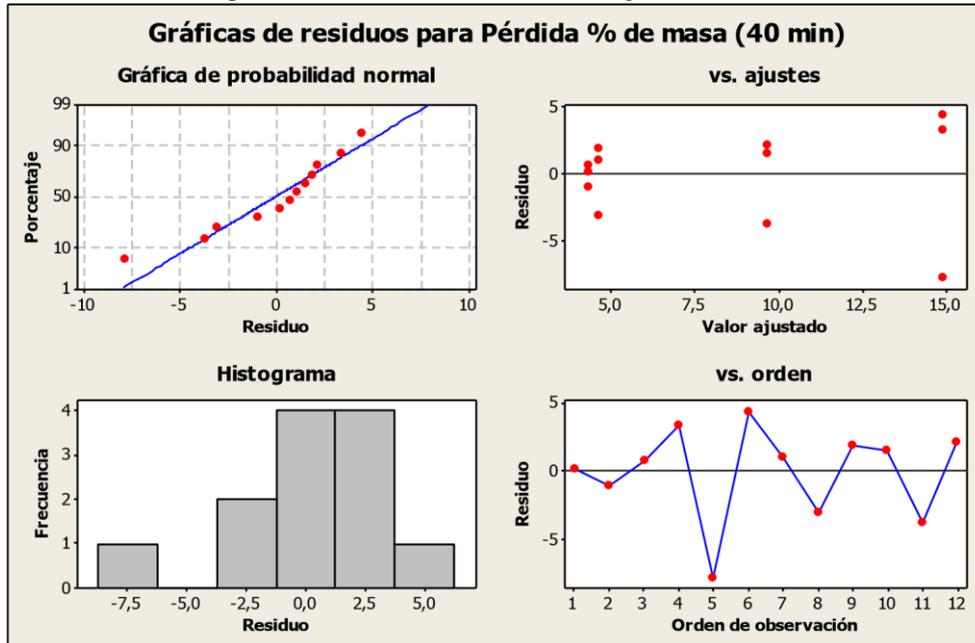


Figura 2. Gráfica de residuos (4 en 1) para Pérdida % de masa (40 min)
Elaborado Jocsy Garate y Jose Arreaga, 2014

La gráfica 4 en 1 muestra que el diseño si cumple con los supuestos necesarios para aplicar un modelo 2k: Normalidad de los errores, igualdad de la varianza, y aleatoriedad de los resultados.

La tabla 11 indica que para el factor azúcar con un valor P de 0.009 menor a $\alpha = 0.05$ existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula planteada: El porcentaje de grasa vegetal y el porcentaje de azúcar en el helado y sus interacciones, no tienen efecto sobre el derretimiento del helado. Por lo tanto se asume que el azúcar influye en el derretimiento.

Tabla 11. Tabla ANOVA de dos factores: Pérdida % de masa (40min) vs. Grasa, Azúcar

| Fuente | GL | SC | MC | F | P |
|-------------|----|---------|---------|-------|-------|
| Grasa | 1 | 18.597 | 18.597 | 1.15 | 0.314 |
| Azúcar | 1 | 186.718 | 186.718 | 11.59 | 0.009 |
| Interacción | 1 | 23.654 | 23.654 | 1.47 | 0.260 |
| Error | 8 | 128.858 | 16.107 | | |
| Total | 11 | 357.827 | | | |

S = 4.013 R-cuad. = 63.99% R-cuad.(ajustado) = 50.48%

Elaborado Jocsy Garate y Jose Arreaga, 2014

La gráfica de efectos principales indica que a mayor porcentaje de azúcar, mayor es el porcentaje de derretimiento, lo cual desmiente el supuesto inicial planteado de que el porcentaje de azúcar en el helado, no tienen efecto sobre el derretimiento del helado.

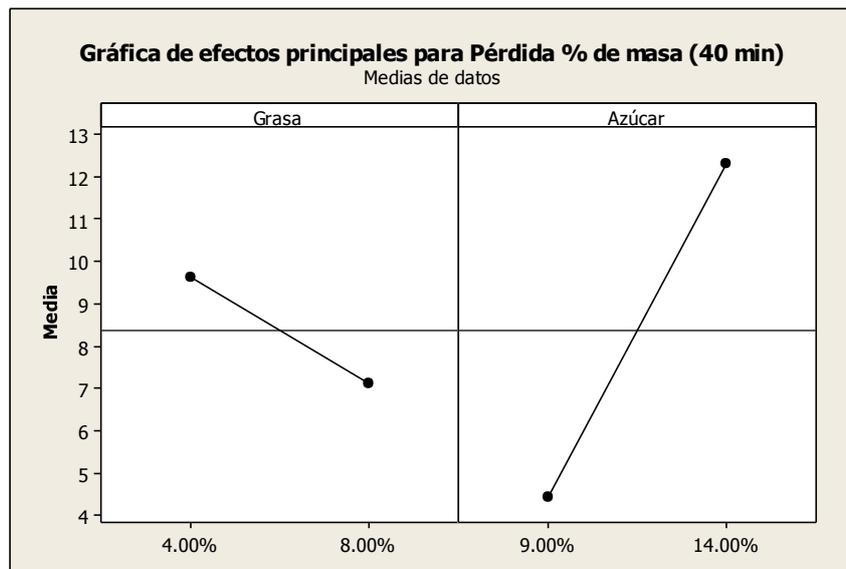


Figura 3. Gráfica de Elaborado Jocsy Garate y Jose Arreaga, 2014

La gráfica de cajas sugiere que el porcentaje de grasa vegetal alto atenúa el efecto negativo del azúcar en el derretimiento, pero no es significativo dado que en la Tabla 11 indica que para el factor grasa el valor P es 0.314 mayor a $\alpha = 0.05$, por lo tanto no existe suficiente evidencia estadística para rechazar la Hipótesis nula: El porcentaje de grasa vegetal y el porcentaje de azúcar en el helado y sus interacciones, no tiene efecto sobre el derretimiento del helado.

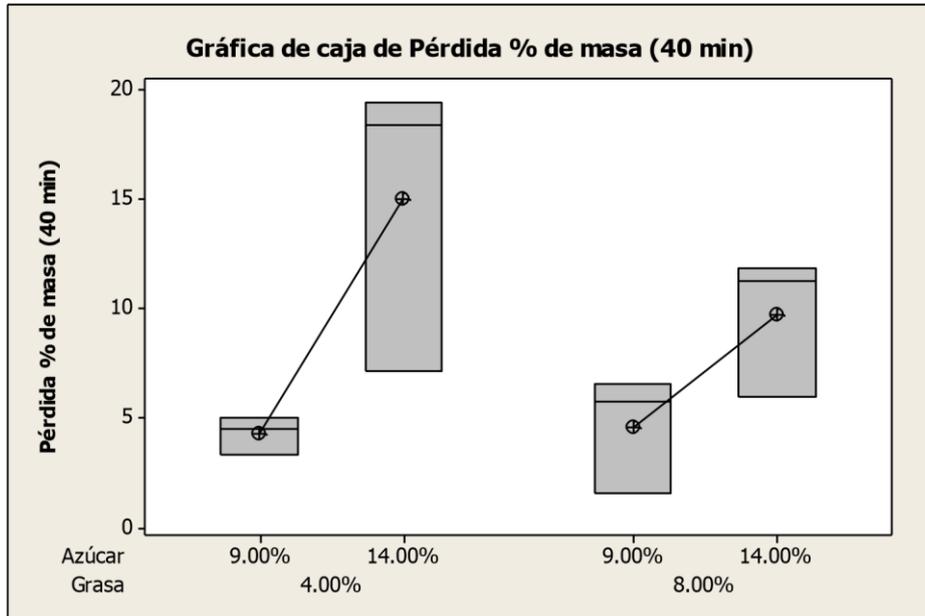


Figura 4. Gráfica de cajas de Pérdida % de masa (40 min)
Elaborado Jocsy Garate y Jose Arreaga, 2014

Resultados de Pruebas en la Textura

Los resultados de las pruebas en la textura (dureza) fueron los siguientes:

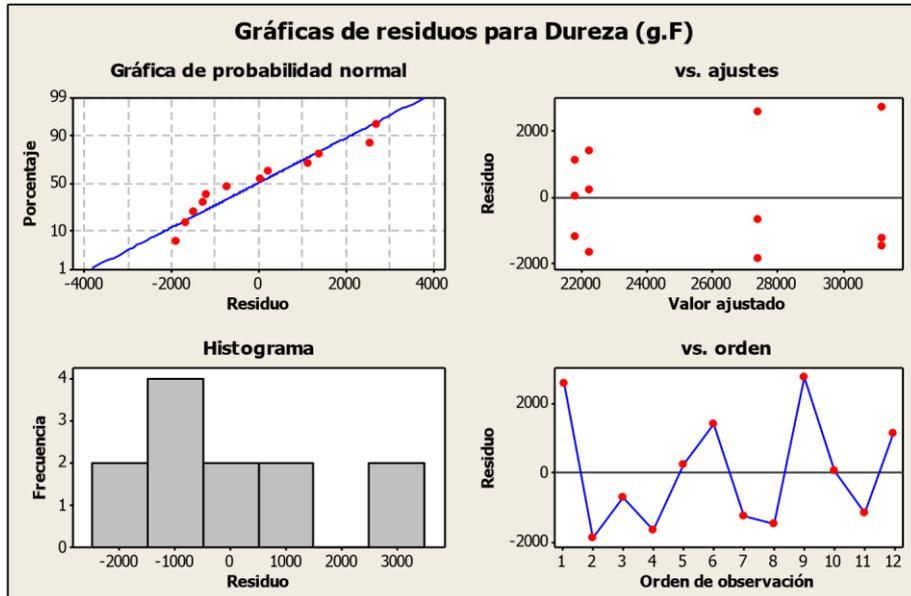


Figura 5. Gráfica de residuos (4 en 1) para Dureza (g.F) Elaborado Jocsy Garate y Jose Arreaga, 2014

La gráfica 4 en 1 muestra que el diseño si cumple con los supuestos necesarios para aplicar un modelo 2k: Normalidad de los errores, igualdad de la varianza, y aleatoriedad de los resultados.

La tabla 12 indica que para el factor azúcar con un valor P de 0.000 menor a $\alpha = 0.05$ existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula: El porcentaje de grasa vegetal y el porcentaje de azúcar en el helado y sus interacciones, no tienen efecto sobre el derretimiento del helado. Por lo tanto se asume que el azúcar influye en la textura (dureza)

Tabla 12. Tabla ANOVA de dos factores: Dureza (g.F) vs. Grasa, Azúcar

| Fuente | GL | SC | MC | F | P |
|-------------|----|-----------|-----------|-------|-------|
| Grasa | 1 | 8413629 | 8413629 | 2.30 | 0.168 |
| Azúcar | 1 | 159522947 | 159522947 | 43.62 | 0.000 |
| Interacción | 1 | 13718650 | 13718650 | 3.75 | 0.089 |
| Error | 8 | 29256803 | 3657100 | | |
| Total | 11 | 210912028 | | | |

S = 1912 R-cuad. = 86.13% R-cuad.(ajustado) = 80.93%

Elaborado Jocsy Garate y Jose Arreaga, 2014

La grafica de efectos principales indica que a mayor porcentaje de azúcar, menor es la dureza, lo cual comprueba el supuesto inicial planteado de que el porcentaje de azúcar en el helado, no tienen efecto sobre el derretimiento del helado.

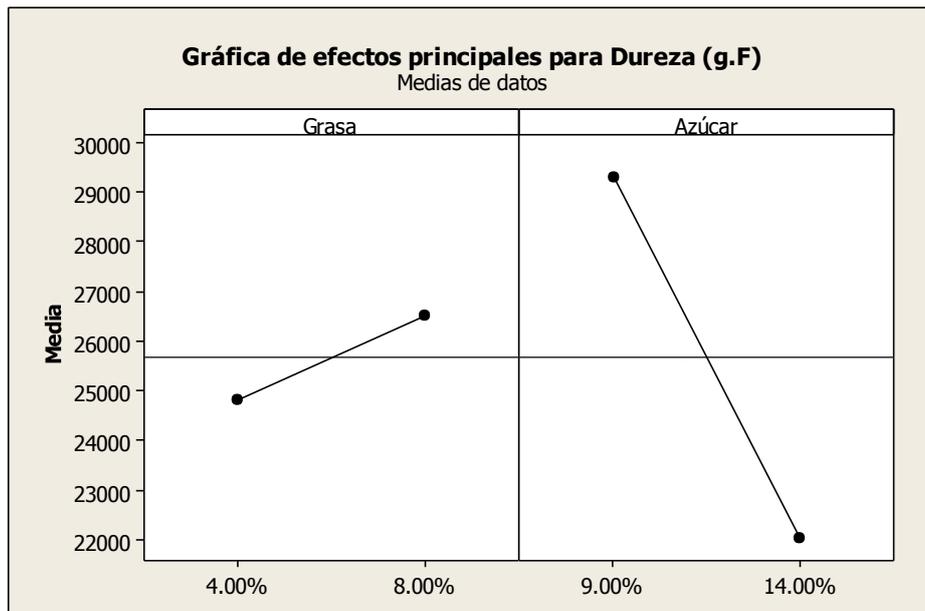


Figura 6. Gráfica de efectos principales para Dureza (g.F)
Elaborado Jocsy Garate y Jose Arreaga, 2014

La grafica de cajas ilustra de nuevo la relación inversa entre el azúcar y la dureza. Además, se puede apreciar que no hay una interacción significativa entre los factores que afecte a la variable de respuesta textura.

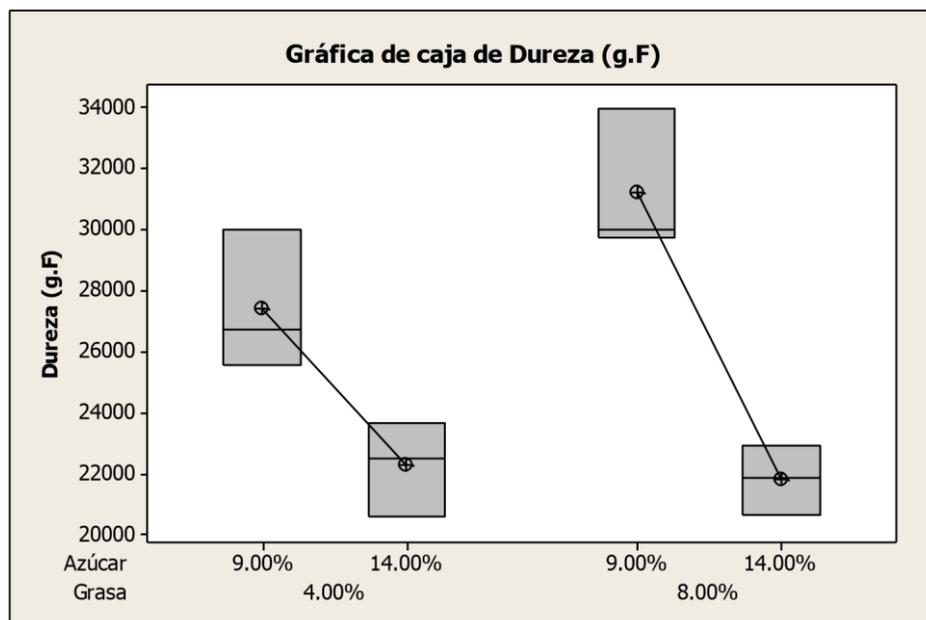


Figura 7. Gráfica de caja de Dureza (g.F)
Elaborado Jocsy Garate y Jose Arreaga, 2014

Dado que no se apreciaron efectos significativos, este diseño experimental no plantea ninguna restricción adicional al modelo matemático del producto, únicamente establece una relación entre el azúcar y la dureza, la cual podrá ser utilizada después, de acuerdo a la preferencia del consumidor medida en la prueba sensorial.

Con un nivel del 95 % de confianza se determinó que el azúcar tiene efecto sobre el derretimiento y la textura del helado; a mayor porcentaje de azúcar, mayor es el porcentaje de derretimiento y menor es la dureza del helado (Ver Figura 3 y 6). Por lo tanto, este diseño experimental permite obtener una restricción para la modelación matemática del producto, la cual es un nivel de azúcar menor o igual al 14%, ya que de esta forma se asegura que el derretimiento del producto se mantendrá en niveles aceptables.

2.2 Resultados de cálculos nutricionales

En la Figura 1 del Punto 1 de Materiales y Métodos se puede apreciar que la tendencia del grupo objetivo en estudio es el sobrepeso y la obesidad, ya que el mayor porcentaje se concentra en estas dos variantes; los porcentajes estimados están en 56,52 % y 41,18% para niños y niñas, respectivamente.

Tomando en cuenta todas las actividades estándar se realizó el cálculo de los GET para cada niño y niña, se obtuvo el GET promedio que dio como resultado 1897,46

Kcal/día., siendo este los requerimientos de energía que deben ser satisfechos en la alimentación diaria del grupo objetivo analizado.

2.3 Resultados del tiempo de vida útil del producto terminado

Para determinar el tiempo de vida útil del helado de leche con grasa vegetal se realizó el estudio de estabilidad. Se le otorgó un tiempo de vida útil de 6 meses. En este estudio de estabilidad normal el tiempo máximo de consumo se ha considerado desde la fecha de elaboración del helado.

2.3.1 Resultado del material de empaque

El material de empaque en contacto con el producto utilizado para determinar el tiempo de vida útil del helado fue Polipropileno Biorientado Perlado (BOPP Perlado) y paleta de madera.

Durante el periodo de estudio el material se mantuvo inalterable en las condiciones de congelación a -18°C ; esto se debe a las características mencionadas anteriormente del empaque.

2.3.2. Resultados de pruebas físico químico

Los resultados de los análisis físicos químicos se reflejan a continuación:

| FÍSICO QUÍMICOS.- | Método de Análisis | Especificaciones | Octubre-05 | Enero-05 | Abril-05 |
|-------------------|--------------------|------------------|------------|----------|----------|
| Grasa Total | NTE INEN 012 | Min. 6,0 g% | 6,65 g% | 6,63 g% | 6,62 g% |
| Sólidos totales | NTE INEN 014 | Min. 30 g% | 31,52 | 31,50 | 31,51 |

El tiempo de estudio fue realizado en 6 meses, desde octubre hasta abril del 2013, se hicieron 3 análisis: inicial, intermedio y final. Dentro de este estudio, los resultados obtenidos se encuentran dentro de los parámetros o especificaciones establecidas por la NTE INEN 706:2013.

2.3.3 Resultados microbiológicos

Los resultados microbiológicos son los siguientes:

| MICROBIOLÓGICO S | Método de Análisis | Especificaciones | Octubre-05 | Enero-05 | Abril-05 |
|-------------------------|--------------------|------------------|------------|-----------|-----------|
| Aerobios Mesófilos | AOAC 966.23 | 10 000 ufc/g | 430 ufc/g | 410 ufc/g | 380 ufc/g |
| Coliformes Totales | AOAC 991.14 | Max. 100 ufc/g | <1 ufc/g | <1 ufc/g | <1 ufc/g |
| E.coli | AOAC 991.14 | <3 NMP/g | Ausencia | Ausencia | Ausencia |
| Staphilococcus aureus | AOAC 2003.07 | < 10 ufc/g | <10 ufc/g | <10 ufc/g | <10 ufc/g |
| Listeria monocytogenes. | AOAC-RI #070601 | Ausencia en 25 g | Ausencia | Ausencia | Ausencia |
| Salmonella spp | AOAC-RI #960801 | Ausencia en 25 g | Ausencia | Ausencia | Ausencia |

Se realizó el análisis microbiológico inicial, intermedio y final por un tiempo de estudio de 6 meses (Tiempo de vida útil del producto). Los resultados obtenidos se encontraron dentro de los parámetros establecidos por la NTE INEN 706:2013.

2.4 Resultados de pruebas sensoriales Resultados de Pruebas Afectivas

Se realizó la evaluación sensorial de aceptación a 4 prototipos de helado de leche con grasa vegetal. El método de evaluación fue el afectivo y se determinó si las muestras son o no aceptadas por el consumidor. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 12, donde “1” corresponde a “Si Acepto” y “2” corresponde a “No acepto”

Tabla 12. Resultado de las Pruebas Afectivas

| Primer Grupo | | | | Segundo grupo | | | |
|--------------|----|-----|-----|------------------|----|---|-----|
| | | D | D | | | D | D |
| Juez edad | | g 4 | 4 | Juez Edad Género | | 8 | 8 |
| | | é 1 | 9 | | | 1 | 9 |
| | | n 4 | 6 | | | 4 | 2 |
| | | e 9 | 7 | | | 6 | 7 |
| | | r 2 | 5 | | | 8 | 5 |
| | | o 3 | 0 | | | 1 | 5 |
| | | 5 | | | | 4 | |
| 1 | 11 | M | 1 0 | 31 | 12 | M | 0 0 |
| 2 | 12 | F | 1 0 | 32 | 12 | M | 1 0 |
| 3 | 12 | F | 1 1 | 33 | 12 | F | 1 1 |
| 4 | 12 | F | 0 1 | 34 | 12 | F | 1 1 |
| 5 | 11 | M | 1 0 | 35 | 12 | F | 1 0 |
| 6 | 12 | M | 0 1 | 36 | 12 | m | 0 1 |
| 7 | 11 | M | 1 1 | 37 | 12 | f | 1 1 |
| 8 | 11 | F | 1 1 | 38 | 12 | m | 0 1 |
| 9 | 11 | M | 0 1 | 39 | 11 | f | 1 1 |
| 10 | 12 | F | 1 0 | 40 | 11 | f | 1 1 |
| 11 | 12 | M | 1 1 | 41 | 11 | f | 1 1 |
| 12 | 12 | M | 1 0 | 42 | 12 | f | 1 0 |
| 13 | 12 | F | 0 1 | 43 | 12 | m | 0 1 |
| 14 | 12 | M | 1 0 | 44 | 11 | m | 1 1 |
| 15 | 11 | M | 1 1 | 45 | 11 | m | 0 1 |
| 16 | 11 | F | 0 1 | 46 | 12 | m | 1 1 |
| 17 | 12 | M | 1 1 | 47 | 11 | f | 1 0 |
| 18 | 12 | F | 0 0 | 48 | 12 | m | 1 1 |
| 19 | 11 | M | 1 0 | 49 | 12 | f | 1 0 |
| 20 | 12 | F | 0 1 | 50 | 11 | f | 1 0 |

| | | | | | | | | | |
|-------|----|---|---|---|-------|----|---|---|---|
| 21 | 12 | F | 1 | 0 | 51 | 12 | f | 1 | 0 |
| 22 | 12 | F | 1 | 1 | 52 | 12 | m | 1 | 1 |
| 23 | 11 | M | 1 | 0 | 53 | 11 | f | 1 | 0 |
| 24 | 12 | F | 1 | 1 | 54 | 12 | f | 1 | 1 |
| 25 | 11 | M | 1 | 0 | 55 | 11 | m | 0 | 1 |
| 26 | 11 | M | 1 | 1 | 56 | 11 | f | 1 | 1 |
| 27 | 11 | F | 1 | 0 | 57 | 12 | f | 1 | 1 |
| 28 | 11 | M | 0 | 0 | 58 | 12 | m | 1 | 0 |
| 29 | 12 | M | 1 | 1 | 59 | 11 | f | 1 | 1 |
| 30 | 12 | M | 1 | 1 | 60 | 12 | m | 1 | 1 |
| TOTAL | | | 2 | 1 | TOTAL | | | 2 | 2 |
| | | | 2 | 7 | | | | 4 | 0 |

Elaborado Jocsy Garate y Jose Arreaga, 2014

En esta prueba se puede determinar mediante el apéndice II [3] que para 30 juicios y un nivel de significancia de 5% el número crítico de juicios para establecer que existe una aceptación significativa es de 21, por lo cual se determina que han gustado las muestras: D414 y D814 con 22 y 24 juicios, respectivamente. Finalmente, se determina que existe una aceptación significativa por las muestras D414 y D814

Resultados de Pruebas Discriminativas

Luego con los dos prototipos con aceptación significativas y una muestra patrón, se realizó la prueba triangular, método discriminativo. Esto servirá para determinar si existe o no diferencia significativa de los prototipos con respecto al patrón. Los resultados obtenidos en la prueba se presentan en la siguiente tabla, donde “1” corresponde a encontró diferencia y “0” a no encontró diferencia.

En la Tabla 13 se muestran los resultados de la prueba triangular de prototipo D414 vs Patrón y prototipo D814 vs Patrón

Tabla 13. Resultados de las Pruebas Discriminativas

| número de juez | Número de prueba | RESULTADO Muestra 414 | número de juez | Número de prueba | RESULTADO muestra 814 |
|----------------|------------------|-----------------------|----------------|------------------|-----------------------|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 2 | 1 | | 2 | 0 |
| 2 | 3 | 0 | 2 | 3 | 1 |
| | 4 | 0 | | 4 | 0 |
| 3 | 5 | 0 | 3 | 5 | 1 |

| | | | | | |
|--------|----|---|--------|----|----|
| | 6 | 1 | | 6 | 1 |
| 4 | 7 | 0 | 4 | 7 | 0 |
| | 8 | 0 | | 8 | 1 |
| 5 | 9 | 1 | 5 | 9 | 0 |
| | 10 | 1 | | 10 | 1 |
| 6 | 11 | 0 | 6 | 11 | 0 |
| | 12 | 0 | | 12 | 1 |
| 7 | 13 | 0 | 7 | 13 | 0 |
| | 14 | 1 | | 14 | 0 |
| 8 | 15 | 0 | 8 | 15 | 1 |
| | 16 | 1 | | 16 | 1 |
| 9 | 17 | 0 | 9 | 17 | 0 |
| | 18 | 0 | | 18 | 0 |
| 10 | 19 | 1 | 10 | 19 | 1 |
| | 20 | 0 | | 20 | 1 |
| 11 | 21 | 0 | 11 | 21 | 1 |
| | 22 | 1 | | 22 | 1 |
| 12 | 23 | 0 | 12 | 23 | 0 |
| | 24 | 0 | | 24 | 1 |
| TO TAL | | 9 | TO TAL | | 14 |

Elaborado Jocsy Garate y Jose Arreaga, 2014

Al analizar los resultados y realizar la sumatoria para 24 juicios de 12 personas dio como resultado 14 para la muestra 814 y 9 para la muestra 414 al compararlo en la tabla para prueba triangular el apéndice V [3], con el número mínimo requerido de juicios para que haya diferencia significativa que es 13, se llega a la conclusión que existe diferencia significativa solo entre la muestras 814 y el patrón; La muestra 414 es considera igual al patrón.

Se determina que entre el prototipo D814 y el patrón existe SI diferencia significativa y que entre la muestra D414 y el patrón NO existe diferencia significativa.

Resultados del Perfil de Textura

Finalmente al prototipo seleccionado D414 se le realizó el perfil de textura con jueces entrenados, donde se analizaron los siguientes patrones: dureza, cristalino, cremosidad y recubrimiento en la boca con rangos bajo, moderado y alto. Los resultados se muestran en la Tabla 14:

Tabla 14. Resultados del Perfil de Textura

| | Sensación Inicial | | | Residual |
|----------|-------------------|------------|------------|--------------------------|
| | Mecánicas | | Otras | |
| | Dureza | Cristalino | Cremosidad | Recubrimiento en la boca |
| JUEZ 1 | 3.2 | 0.4 | 5 | 7.6 |
| JUEZ 2 | 4.9 | 2 | 5 | 6.1 |
| JUEZ 3 | 3.4 | 0.4 | 6 | 7 |
| JUEZ 4 | 2 | 0.4 | 5 | 8.4 |
| JUEZ 5 | 3.8 | 0 | 3.2 | 7.7 |
| JUEZ 6 | 3.5 | 0.5 | 4.6 | 6.1 |
| JUEZ 7 | 4.4 | 0 | 5.4 | 7.3 |
| JUEZ 8 | 4 | 0.3 | 7.5 | 6.3 |
| PROMEDIO | 3.65 | 0.50 | 5.21 | 7.06 |

Elaborado Jocsy Garate y Jose Arreaga, 2014

Los Promedios obtenidos se graficaron usando la hoja de cálculo de Excel dando como resultado el siguiente gráfico que describe el perfil de textura:

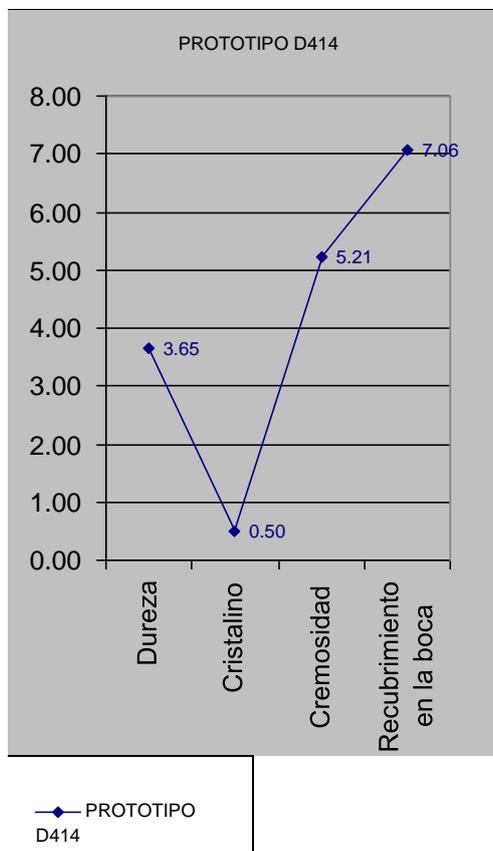


Figura 8. Gráfica de perfil de textura
Elaborado Jocsy Garate y Jose Arreaga, 2014

El resultado de la evaluación indicó que el prototipo analizado tiene alta cremosidad y recubrimiento en la boca; dureza moderada y baja cristalización de hielo.

2.5 Resultados de la optimización

El informe de respuestas mostró que se obtiene el mínimo costo \$ 0,74084/Kg y la cantidad de ingredientes que debe utilizarse son 14% de azúcar, 2.39% de leche en polvo descremada, 79.14% de leche entera líquida, 3.97% de grasa vegetal de palma y 0.50% de estabilizante.

3 Agradecimientos

A Dios por ser nuestro creador y guía, a mi familia que comprendió el tiempo que invertí en este trabajo, a mi directora de la propuesta de Examen Complexivo Ing. Karin Coello

y a todas las personas que enriquecieron con su conocimiento y dedicación, para lograr culminar este proyecto.

4 Referencias

1. Anzandua –Morales Antonio; LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE LOS ALIMENTOS EN LA TEORÍA Y LA PRÁCTICA; Editorial Acribia, S.A.; Zaragoza – España; 1994. pag.: 77-131-161
2. Centro tecnológico de la leche; VII Curso sobre tecnología de Helados; Universidad Austral de Chile; 1992
3. Formulación del Helado; Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/61256264/Libro-dehelados>
4. Fritz Timm, Hirsing Irene, et al; Fabricación de Helados, 1989
5. Fuente: Extracto de ENERGÍA: FAO, 2004; PROTEÍNAS: OMS, 1985; UNU/Fundación CAVENDES, 1988; MICRONUTRIENTES: FAO/OMS, 2002.
6. González Corbella M.; Valor nutritivo de los helados. Su integración en la dieta saludable; OFFARM Vol. 26 Numero 8; 2007.
7. Gutiérrez Pulido Humberto; Román de la Vara Salazar; Análisis y Diseño de Experimentos; 2004)
8. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN); Norma Técnica Ecuatoriana INEN 706:2013 Segunda Revisión Helados. Requisitos, Primera Edición, 2013.
9. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN); Norma Técnica Ecuatoriana INEN 3:1984 Primera Revisión Leche y Productos Lácteos, Terminología, Primera Edición, 2012.
10. Marshall Robert T., Goff H. Douglas, and Hartel Richard W.; Ice Cream; Sixth Edition; New York; 2013
11. Ministerio de Educación y Salud Pública; Reglamento Sustitutivo para el Funcionamiento de Bares Escolares del Sistema Nacional de Educación, Acuerdo N° 0004-10, 2010.
12. Pedrero Daniel, Pangborn Rose Marie, Evaluación Sensorial de los Alimentos - Métodos Analíticos; Editorial Alhambra Mexicana; México, DF; Primera Edición 1997; pág.:105-145-146-237-238
13. Yépez Rodrigo, Baldeon Manuel, López Pablo; Obesidad; Editorial SECIAN; Quito - Ecuador; 2008