

Optimización de helado deslactosado reducido en grasa y azúcar

Luiz Fernando Villanueva Medina

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2019

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

Optimización de helado deslactosado reducido en grasa y azúcar

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

Presentado por

Luiz Fernando Villanueva Medina

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2019

Optimización de helado deslactosado reducido en grasa y azúcar

Luiz Fernando Villanueva Medina

Resumen. El padecimiento de problemas estomacales por consumo de productos lácteos está principalmente ocasionado por lactointolerancia, determinado como una deficiente producción de la enzima β -galactosidasa. Un inadecuado consumo de grasas, azúcar y fibra han sido relacionados con problemas de salud en poblaciones aledañas a Zamorano. El objetivo del estudio fue desarrollar un helado deslactosado, reducido en grasa, azúcares y con aporte de fibra dietética. Se utilizó la metodología de Superficie de Respuesta con arreglo factorial completo 2^3 , con un Diseño de Composición Central Rotacional de 2do orden (DCCR), incluyendo cuatro puntos axiales y cuatro puntos centrales, para un total de 14 tratamientos, con probabilidad de significancia del 10%. Se evaluó el efecto combinado de porcentajes de grasa, azúcar y pulpa de mango. Por optimización, se obtuvieron dos tratamientos: Combinación óptima (G10A10), Combinación crítica (G8A10), evaluados ante el helado control (G17A15). La combinación óptima obtuvo un sobreamiento de 67%, tasa de derretimiento de 0.682 g/min, deslactosado total y costo de HNL.19.56/Kg de mezcla. Con la combinación crítica se obtuvo un sobreamiento de 64%, tasa de derretimiento de 0.727 g/min, deslactosado total, y costo de HNL.19.56/kg. Por último, el tratamiento control obtuvo un sobreamiento de 75%, tasa de derretimiento de 0.421 g/min, 189 kcal y costo de HNL. 19.53/kg. Se observó una tendencia de disminución del sobreamiento y aumento de la tasa de derretimiento al reducir el contenido de grasa en la mezcla de helado. El tratamiento con mayor puntuación sensorial fue la mezcla de zamorano, seguido del tratamiento con 10% de grasa y azúcar.

Palabras clave: Combinación, lactointolerancia, sobreamiento, superficie de respuesta.

Abstract. The suffering of stomach problems due to consumption of dairy products is mainly caused by lactointolerance, established in the people as a deficient production of β -galactosidase enzyme. An inadequate consumption of fats, sugar and fiber have been related to health problems in populations near Zamorano. The objective of this study was to develop a lactose free ice cream with reduction in fat, sugar and dietary fiber intake. A Response Surface methodology with a complete factorial arrangement 2^3 , with a 2nd order Rotational Central Composition Design (RCCD) was used, including four axial points and four central points, with a total of 14 treatments, with a probability of 10 %. The combined effect of percentages of fat, sugar and mango pulp was evaluated. By optimization, two treatments were obtained; optimal combination; 1: G10A10, critical combination; 2: G8A10 and the Zamorano mixture; 3: G17A15. Treatment 1: obtained an overrun of 67%, rate of melting of 0.682 g / min, lactose free, cost of USD 0.79 / Kg of mixture. Treatment 2: overrun of 64% increase, melting of 0.727 g / min, total lactose free and cost of USD 0.791/kg. Control Treatment : overrun of 75%, melt rate of 0.421g / min, 189 Kcal and cost of USD. 0.791/kg of mixture. There is a tendency to decrease the overrun, and the increase in the rate of melting by reducing the fat content in the ice cream mixture, as opposed to improve the nutritional quality of the same. The treatment with the highest sensory score was the Zamorano mixture, followed by treatment with 10% of fat and sugar.

Key words: Combination, lactointolerance, overrun, response surface.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	12
4. CONCLUSIONES.....	26
5. RECOMENDACIONES.....	27
6. LITERATURA CITADA.....	28
7. ANEXOS.....	33

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Formulación de helado Zamorano como referencia para las pruebas preliminares.	3
2. Niveles de variables independientes.....	7
3. Detalle de los tratamientos evaluados.	8
4. Sobreaumento y tasa de derretimiento de los tratamientos.	12
5. Coeficientes de regresión en función de las variables grasa (%) y azúcar (%) para la tasa de derretimiento (g/min).	13
6. Análisis de fibra dietética del helado (%).	17
7. Evaluación de la eficiencia de enzima Lactasa por perfil de azúcares (%).	17
8. Contenido de grasa de la mezcla (%).	18
9. Contenido de grasa y sobreaumento del helado (%).	18
10. Medición de sobreaumento del helado (%).	19
11. Tasa de derretimiento del helado (g/min).	20
12. Análisis de color: valores L* a* b* del helado.	20
13. Análisis de textura del helado (Newton).	21
14. Análisis sensorial de preferencia de los tratamientos de helado.	22
15. Conteo de coliformes totales de los tratamientos (UFC/g).	23
16. Estimación de aporte calórico y nutrientes de los tratamientos.	23
17. Costos variables de los tratamientos.	25
Figuras	Página
1. Flujo de proceso para elaboración de helado de pruebas preliminares.....	5
2. Diseño ortogonal de la metodología de superficie de respuesta	7
3. Efecto de la grasa (%) y el azúcar (%) en el sobre aumento del helado.....	14
4. Efecto de la grasa (%) y el azúcar (%) en la tasa de derretimiento (g/min) en el helado.	15
5. Función de deseabilidad en relación con el contenido grasa (%) y azúcar (%) sobre el sobre aumento (%) y la tasa de derretimiento (g/min)	16
6. Dispersión de los valores reales y calculados para grasa (%) y azúcar (%).	16
7. Gráfico de barras acumuladas de los parámetros del análisis sensorial	22
Anexos	Página
1. Evaluación sensorial de helado.....	33
2. Definición de Valor F tabular.....	33

Anexos	Página
3. Análisis de fibra dietética.....	33
4. Análisis sensorial.....	34
5. Perfiles de textura.....	34
6. Cuadros de salida análisis estadístico SAS.....	35
7. Hoja de registro azúcares, perfil de azúcares.....	36
8. Parámetros microbiológicos.....	36

1. INTRODUCCIÓN

En América Latina, Brasil es el país con el mercado interno y la demanda local de productos lácteos más desarrollado, aproximadamente USD 25,000 millones en ventas, la leche fluída representa el 40% de ese total y el resto entre quesos, yogur y helado (OCDE-FAO 2017). El crecimiento de consumo de lácteos y la densidad poblacional está estrechamente relacionada principalmente en Perú, Bolivia, Colombia y Costa Rica (FEPALE 2018). Honduras, en 2013 superó una población de 8 millones (INE 2013). Se estima que el consumo de leche fluida y en polvo es de 15.0 y 5.3 kg per cápita, respectivamente, siendo el consumo en países desarrollados de 20 kg (Borjas Chávez 2013).

En estudios realizados en pueblos indígenas Rama en Costa Rica se registró 82% de susceptibilidad al desarrollo de lacto intolerancia (Morales 2010), con el empleo de marcadores genéticos. La lactointolerancia inicia inmediatamente en el ser humano una vez termina la lactancia materna, manteniendo la producción enzimática solo si el consumo lácteo es constante, mostrando también una relación desfavorable en los casos de osteoporosis y la intolerancia a la lactosa (Terrés y Casas 2002a).

En la aldea El Jicarito (Francisco Morazán, Honduras), en un estudio en la población adulta, se registró un desmedido consumo de grasas y azúcar; con incidencia de colesterol, obesidad, hipertensión y sobre peso en total de 11% (Bonilla 2014). La situación de la población de la tercera edad también en El Jicarito es menos favorable, ya que el 48% de hombres y 51% de las mujeres presentaron una prevalencia estimada de 49% de síndrome metabólico en ambos sexos (Fuentes Rosales 2015).

Ante esta situación de lactointolerancias y enfermedades crónicas, el presente estudio, propone desarrollar un helado funcional para la población a partir de leche deslactosada, reducción de la grasa total y azúcar adicionado con pulpa de fruta como aporte de fibra dietética. El helado es un alimento congelado muy variado dependiendo de la zona en que se produzca, las exigencias del mercado, ingredientes disponibles, regulaciones estatales y las capacidades del procesador, es el resultado de la mezcla principalmente de productos lácteos, endulzantes, colorantes, estabilizadores, aromatizantes, saborizantes, donde siempre se necesita de un batido y enfriamiento simultáneos, que presenta de 3 a 4 veces más grasa, azúcares y 12 a 16 % más proteína que la leche fluida normal (Revilla 1996). El mercado meta del helado en Tegucigalpa se encuentra en edades de 21 a 40 años, en presentaciones de 490 mL y 2 L (Serrano 2017).

La lactosa es uno de los componentes químicos más importantes en la leche utilizada en la composición de la mezcla para helados, representando un 98% de los carbohidratos y aporta cerca del 30% del valor energético de la misma y está estrechamente relacionada con la

textura y la solubilidad de los helados (Revilla 1996). Para ayudar a los lacto intolerantes, se emplea β -galactosidasa producida de cepas *Kluyveromyces fragilis*, *Kluyveromyces lactis*, los hongos *Aspergillus niger* y *Aspergillus oryzae*, y las especies de bacilos estrechamente relacionadas con *Bacillus stearothermophilus* (Bury y Jelen 2000), que catalizan la ruptura de lactosa en glucosa y galactosa (Quezada y Bernys 2015).

La grasa es un elemento determinante de la calidad de los helados con alto valor nutricional, aportando un aproximado de 9 kcal/g; un vehículo de vitaminas liposolubles A, D, E y K; que previene degeneración del nervio óptico, raquitismo, afecciones neurológicas y alteraciones de coagulación, respectivamente. La grasa tiene un efecto en el sabor, cremosidad, textura, resistencia al derretimiento y sobre aumento de los helados (Revilla 1996). La mezcla de helado Zamorano contiene 17% de grasa. El rango esperado es de 8 a 10% de grasa en el helado (Arbuckle 1977).

Al alterar el porcentaje de grasa en el helado se requiere evaluar la concentración idónea de azúcar agregada cuya función principal es resaltar el gusto dulce del helado, reducir el punto de congelación, aumentar la viscosidad y la respuesta al batido, determinando la textura y el cuerpo. Según Revilla en 1996, los mejores helados contienen de 14 a 16% de azúcar en la mezcla. Con un aporte calórico de 4 kcal/g resulta importante la reducción de azúcar en la formulación de alimentos de consumo masivo, ya que se recomienda que hasta 5% del valor calórico el total diario provenga de azúcares adicionados (Cabezas-Zabala *et al.* 2016).

Se estima que un adulto debe consumir de 20 a 35 g/día de fibra tanto soluble como insoluble (Navarro Ramirez 2012), como prevención de cáncer color rectal, disminución de las concentraciones de colesterol, presión arterial y las enfermedades cardiovasculares (Rubio 2002). La fibra dietética es un grupo de polisacáridos como; la celulosa, pectinas, hemicelulosa, gomas, lignina e inulina, resistentes a hidrólisis por enzimas digestivas del ser humano (Rodríguez *et al.* 2015). La fibra insoluble beneficia al colon al incrementar el tamaño de la materia fecal, la soluble genera un efecto viscoso que deriva en el metabolismo lipídico (Escudero y Gonzáles 2006). Se propone desarrollar un helado funcional a partir de leche deslactosada, con grasa total y azúcar reducida, adicionada con pulpa de mango como aporte de fibra dietética. Por tales razones los objetivos de este estudio fueron.

- Desarrollar una formulación y flujo de proceso de un helado bajo en grasa y azúcar, con fibra adicional de mango.
- Evaluar sus características físicas-químicas y sensoriales de helado bajo en grasa y azúcar.
- Determinar y comparar el aporte calórico y nutricional del helado bajo en grasa y azúcar con el actualmente elaborado en la planta de lácteos de Zamorano.
- Determinar el costo variable de los dos mejores tratamientos y el control.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación. El estudio se realizó en la Planta de lácteos, los análisis químicos en el Laboratorio de Análisis de Alimentos (LAAZ), los análisis microbiológicos en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos (LMAZ) y los análisis sensoriales en el Laboratorio de Análisis Sensorial. Todos localizados en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Francisco Morazán, km 32 carretera Tegucigalpa-Danlí, Honduras. CA.

Etapas I. Pruebas preliminares. Definición de los valores de los tratamientos de la metodología superficie de respuesta (SDR). Se realizaron pruebas preliminares para establecer los niveles de los ingredientes en los tratamientos evaluados en el estudio; se prepararon cuatro mezclas de helado para definir los valores de los puntos centrales de la metodología Superficie de Respuesta, las variables a evaluar fueron grasa, azúcar, pulpa y estabilizador. Se presenta en el cuadro 1 la fórmula de helado marca Zamorano utilizada para realizar las pruebas preliminares.

Cuadro 1. Formulación de helado Zamorano como referencia para las pruebas preliminares.

Ingredientes	Porcentaje (%)
Leche entera 3.8% grasa	49.30
Crema láctea 45% grasa	23.08
Azúcar	15.80
Leche descremada en polvo	4.25
Puré de mango	7.20
Estabilizador para helado	0.30
Esencia de mango	0.01
Colorante	0.01

Mezcla estandarizada a 17% grasa.

Fuente: Planta de procesamiento de lácteos.

Proceso de obtención de mezcla para helado deslactosado en pruebas preliminares. Se prepararon cuatro tratamientos que fueron evaluados sensorialmente para determinar los niveles de las variables independientes grasa y azúcar, las variables respuesta; tasa de derretimiento y sobre aumento, resultados que se analizaron con el método de Superficie de Respuesta. La mezcla para helado se preparó con el procedimiento convencional en la planta de lácteos, considerando los siguientes pasos:

Estandarización. Se calculó usando el cuadrado de Pearson para dos porcentajes de grasa (5 o 7 %), mezclando crema láctea al 45% y leche entera a 3.8% de grasa, añadiendo el azúcar, leche en polvo y estabilizador para helado (0.3 o 0.5%) en una marmita.

Pasteurización. A 63 °C durante 30 minutos, se homogenizó la mezcla a 140 kg/cm² para distribuir equitativamente todos los componentes.

Enfriamiento. A 5 °C donde la mezcla se inoculó con 39 ml de enzima Lactasa Ha-Lactase 5200; 4066NLU/L. cepa de la levadura *Kluyveromyces lactis*) para 50 L de leche (SOFEX 2016). Se dejó madurar la mezcla y actuar a la enzima un mínimo de 24 horas.

Preparación del helado. Se agregaron 20 L de mezcla por tanda en la máquina para helado Emery Thompson.

Adición de pulpa. Se añadió pulpa de mango (14 o 18%) a los 13 minutos de batido y congelamiento, al llegar al minuto 17 se envasó para ser congelado a -20 °C en el cuarto de almacenamiento.

En la figura 1 se detalla el flujo de proceso para la elaboración del helado, tanto para el tratamiento con la formulación existente en el planta de lácteos con 17% de grasa y 15% de azúcar, como para los tratamientos experimentales; 10% grasa 10% azúcar y 8% grasa 10% azúcar.

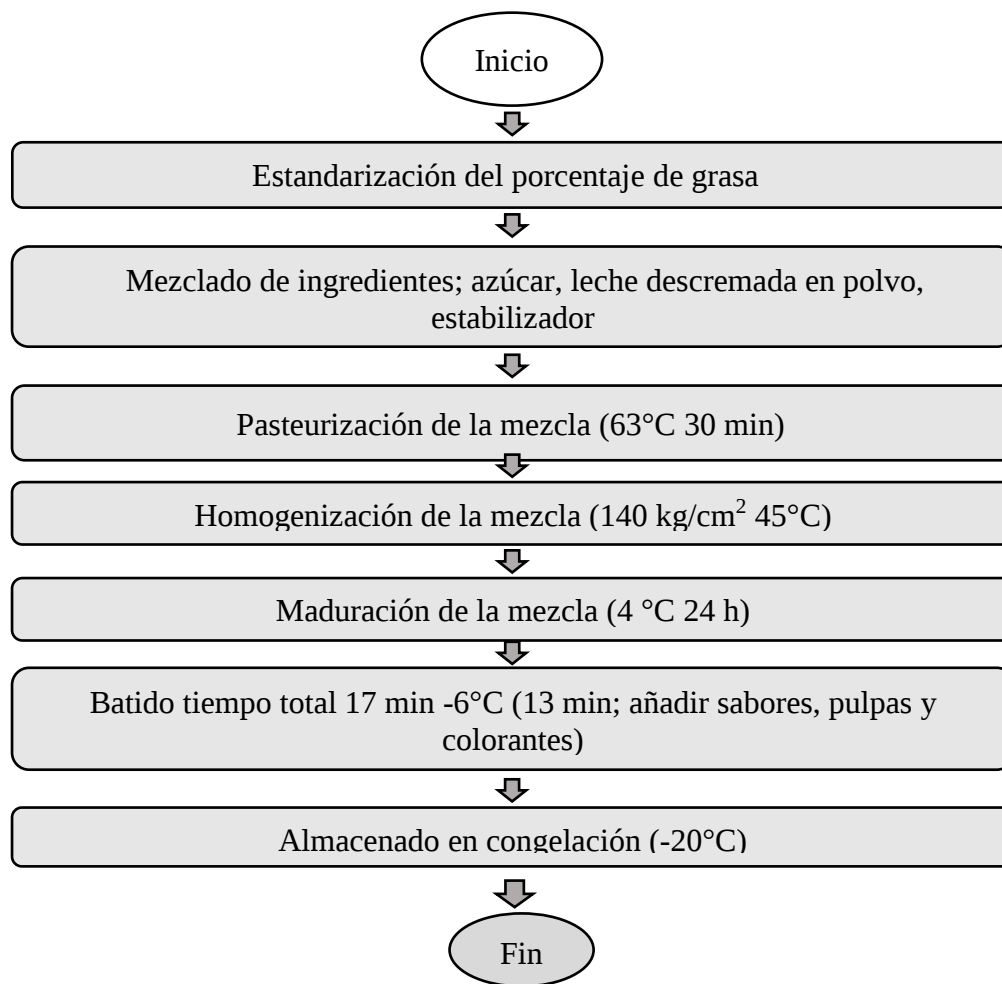


Figura 1. Flujo de proceso para elaboración de los tratamientos de helado.

Diseño experimental. Para el desarrollo del helado deslactosado con reducción de grasa y azúcar, se empleó la metodología Superficie de Respuesta, que es una herramienta que permite modelar y analizar problemas, determinando la combinación entre las variables independientes, generando el punto óptimo de la variable respuesta haciendo uso de técnicas estadísticas y matemáticas (Guillén Ordoñez 2018). Se utilizó un experimento factorial completo 2^3 estadísticamente delineado con la metodología de Superficie de Respuesta; además, se empleó un diseño de Composición Central Rotacional de 2do orden (DCCR), incluyendo cuatro puntos axiales y cuatro puntos centrales, con un total de 14 tratamientos y una probabilidad de significancia del 10%. Se evaluó el efecto combinado de % de grasa y % de azúcar. Los parámetros se codificaron como: - 1, 0, +1; basados en la siguiente ecuación 1.

$$xi = (Xi.Z)/\Delta xi \quad [1]$$

Dónde:

xi = Valor codificado de la variable Xi

Xi = Valor real de la variable

Z = Valor real de la variable en el punto central

Δxi = Valor del intervalo de variación de xi

Para generar un entorno experimental más acotado, se delinearon las variables axiales $-\alpha$ y $+\alpha$; este valor depende del número factorial ($F = 2^k$), donde k es el número de variables independientes ($k=2$), los valores son definidos por la ecuación 2:

$$\pm\alpha = (F)^{1/4} = (2k)^{1/4} = 1.4142 \quad [2]$$

El número de unidades experimentales (UE) para esta metodología fue un diseño factorial completo definido por la ecuación 3:

$$n = 2^k + 2k + m \quad [3]$$

Dónde:

2^k = número de puntos factoriales

$2k$ = número de puntos axiales

m = número de réplicas del punto central

Los tratamientos fueron distribuidos de la siguiente manera:

$2^k = 2^2 =$ 4 puntos factoriales

$2K = 2(2) =$ 4 puntos axiales

$m =$ 6 réplicas del punto central

Total = 14 unidades experimentales

Para el análisis de resultados se describe en un sistema de dos variables independientes y dos variables dependientes, como respuesta una combinación de niveles, mostrado en la ecuación 4.

$$Y = F(X_1, X_2, X_3, \dots, X_k) \quad [4]$$

De igual forma, se realizó un análisis de regresión para ajustar el polinomio de segundo orden con las variables independientes y cada respuesta (Gálvez Lopez 2018). La expresión general que predice el comportamiento de las variables, se describe en la ecuación 5.

$$Y_i = (\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{33} X_3^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \epsilon) \quad [5]$$

Dónde:

Y_i = función respuesta.

X_1, X_2, X_3 = valores de las variables independientes

β_0 = coeficiente relativo con la interpretación del eje

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ = coeficientes lineales estimados por el método de mínimos cuadrados

$\beta_{11}, \beta_{22}, \beta_{33}$ = coeficientes de variables cuadráticas

β_{12} = coeficiente de interacción entre variables independientes

ϵ = error

Para demostrar la significancia del modelo propuesto se realizó un análisis de residuales, con una comparación de proporción de la varianza (R^2); para definirlo como predictivo o tendencioso, de igual forma, la significancia de la falta de ajuste y la comparación del valor

F calculado frente al valor F tabular con una significancia del 10% que denota el grado de significancia o efecto de la variable.

Se definieron tres variables independientes y tres niveles codificados para un total de 14 unidades experimentales, siendo cuatro factoriales, combinación de los niveles -1, 0 y +1, seis axiales $-\alpha$ y $+\alpha$ y cuatro puntos centrales. Los niveles de las variables independientes se muestran en el cuadro 2.

Cuadro 2. Niveles de variables independientes.

Variables independientes	alfa = 1.4142				
Variables	Niveles				
	-α	-1	0	1	$+\alpha$
% de grasa	2.929	5	10	15	17.071
% de azúcar	2.929	5	10	15	17.071

Se detallan en la figura 2. el diseño ortogonal de Superficie de Respuesta y su comportamiento para evaluar la optimización de las formulaciones y se muestran los valores de los tratamientos en el cuadro 3, tanto codificados como en niveles reales para realizar las pruebas preliminares,

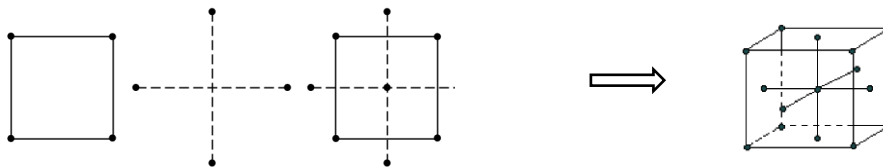


Figura 2. Diseño ortogonal de la metodología de superficie de respuesta

Cuadro 3. Detalle de los tratamientos evaluados.

Tratamientos	Niveles Codificados		Niveles reales de variables	
	X ₁ ¹	X ₂ ²	X ₁	X ₂
1	-1	-1	5	5
2	-1	1	5	15
3	1	-1	15	5
4	1	1	15	15
5	-1.4142	0	2.929	10
6	1.4142	0	17.071	10
7	0	-1.4142	10	2.929
8	0	1.4142	10	17.071
9 ©	0	0	10	10
10 ©	0	0	10	10
11 ©	0	0	10	10
12 ©	0	0	10	10
13 ©	0	0	10	10
14 ©	0	0	10	10

©: Punto central del experimento. ¹ Grasa (%), ² Azúcar (%)

Etapa II.

Análisis químicos y físicos. Se realizaron las siguientes pruebas químicas y físicas a los tratamientos que se obtuvieron por optimización con la metodología superficie de respuesta.

Fibra dietética. Se empleó el método AOAC 985.29 (Fuentes 2015a) por digestión enzimática y filtración en general para helado deslactosado y Zamorano. El mango maduro puede aportar un estimado de 1.6 gramos de fibra por porción (INCAP 2018). Se recomienda adicionarlo como extracto natural obtenido de la fruta o en forma de tajadas en relación fruta- azúcar 4:1 (Revilla 1996). Se detalla el procedimiento de preparación de muestras y medición de fibra dietética en la mezcla para helado.

Se tomó una muestra homogenizada de cada tratamiento, para obtener un valor de corrección, se pesaron 3 ± 0.5 g en crisoles, que fueron desecados en horno SYBRON a 100 °C por 16 horas mínimo., como paso previo se determinó la humedad se calculó con la ecuación 7.

$$\%H = ((\text{peso de crisol} + \text{muestra}) - (\text{peso de crisol} + \text{materia seca}) \times 100) / ((\text{peso de la muestra}) - \text{[7]})$$

Donde:

$$\text{Peso de la muestra} = (\text{peso del crisol} + \text{muestra}) - (\text{peso de crisol})$$

Preparación de muestra. Se tomaron 15 g de muestra, que fue secada en baño María a 50 °C durante 35 min y se pasó al horno a 100 °C durante 1 hora. Las muestras secas se desengrasaron con tres porciones de 25 mL de éter de petróleo, decantándolo y dejándolas

reposar durante 1 minuto en la campana de gases (Labconco), seguido se secó la muestra durante 1 hora a 105 °C en horno de convección marca Fisher Scientific modelo 750 F.

Digestión enzimática; luego de eliminar grasa de cada muestra se pesaron 1.000 + 0.005 g por duplicado en un beaker y se añadió 50 mL de solución tampón de fosfato pH 6, luego de mezclar se añadió 100 uL de solución de α -amilasa termoestable, se incubó a baño María de 95 a 100 °C durante 15 min con agitación cada 5 min y se dejó enfriar expuesto a la temperatura de 18 °C.

Ajuste de pH; se ajustó el pH de la solución a 7.5 +0.2 cuando se añadieron 10 mL de NaOH a 0.275 Molar, se procedió a incluir 50 mg/mL de proteasa en la solución, que se incubó con los frascos cubiertos de aluminio en baño María 30 min a 60 $\pm$ 1°C, dejándolo enfriar luego del tiempo cumplido; se añadieron 10 mL de HCl 0.325 M y se ajustó de nuevo a pH 4.0-4.6 para añadir 100uL de amiloglucosidasa. Se incubaron los frascos cubiertos durante 30 min a 60 $\pm$ 1 °C, se le adicionó a cada frasco 280 mL de etanol al 95% precalentado a 60 °C.

Filtración; se pesó un crisol y celite seco y luego se humedeció con 15 mL de etanol al 78%. Se colocó una bomba de vacío marca GS, modelo GVP260 de $\frac{3}{4}$ HP y un crisol por cada muestra. Se vertió el contenido del beaker en el crisol para filtrar al vacío y se hicieron lavados para extraer los residuos con 3 porciones de 20 mL de etanol 78%, 2 porciones de 10 mL etanol 95% y 2 porciones de 10 mL de acetona. Se secó el crisol en un horno a 105 °C durante una noche y luego de enfriar en la mañana se pesó el Crisol + celite+ residuos de fibra, para completar el análisis de ceniza del segundo duplicado durante 5 horas a 525 °C.

Para el cálculo de fibra dietética. se utilizó la ecuación 8 (Grossi *et al.* 2015)

$$\%FD = ((R_1 + R_2) / 2 - C - P - B) / ((M_1 + M_2) / 2) \times 100 \quad [8]$$

Donde:

M₁: muestra 1(g)

M₂: muestra 2 (g)

R₁: residuo de M₁ (g)

R₂: residuo de M₂(g)

C: ceniza de R1

P: proteína de R₂

B: blanco

Azúcares reductores. Se evaluó la funcionalidad de la enzima Lactasa (HA-Lactase 5200) en la leche para las mezclas de helado, con la prueba de perfil de azúcares totales por cromatografía líquida de alta resolución AOAC 982.14 (Fuentes 2015b).

Con el método de perfil de azúcares totales por HPLC se determinó el grado de efectividad de la enzima Lactasa (HA-Lactase 5200) en el proceso de deslactosado de leche con estándares de lactosa, glucosa y galactosa. Se utilizó el método de análisis de azúcares AOAC 982.14 con un Cromatógrafo líquido de alta resolución marca Agilent Technologies 1200 Series, con una guarda columna Hi-Plex 7.7 $\times$ 50 mm, columna Hi-Plex 300 $\times$ 7.7 mm

8 µm, a 85 °C de temperatura, con fase móvil de agua desionizada con detector IR a una velocidad de flujo de 0.6 mL/min, que dio un tiempo de corrida de 20 min con volumen de inyección de 20 µL.

Para la extracción del azúcar se pesaron 3 g de muestra en un matraz volumétrico y se aforó con 100 mL de Éter de di etílico – H₂O (1:1), en baño María (Precision Scientific group) a 80-85 °C con agitación y se enfrió a temperatura ambiente. Se centrifugó por 4:30 minutos a 4000 rpm y se filtró dos veces con jeringa y filtro de nylon de 0.45 µm, después se colocó en un vial y luego fue introducido en el HPLC para ser analizado (Fuentes 2015b).

Porcentaje de grasa. Se realizó un análisis de grasa a la mezcla de helado y el helado congelado con el método Babcock a la mezcla de leche y grasa láctea en los porcentajes requeridos por tratamiento en tres repeticiones con el siguiente procedimiento: se calentó agua destilada de 38 a 40 °C, se pesaron 9 g (balanza Starter 2100) de mezcla de helado en una butirómetro con calibración de 0 a 8%, añadiendo 17.5 mL de ácido sulfúrico únicamente para la medición en la mezcla, para el helado se añadió 2 mL de hidróxido de amonio y 3 mL de alcohol butírico agitándolo por 15 segundos para la homogenización de los elementos.

La mezcla se colocó en una centrifuga (Garver) temperada a 60 °C por 5 min a 8000 RPM, después, se le añadió agua destilada hasta aproximadamente la base del cuello del butirómetro para una segunda centrifugación de 2 minutos; se añadió agua temperada a 60 °C hasta el máximo de la escala de graduación superior de butirómetro para una última fase de 1 minuto de centrifugado. Se dejó reposar 5 minutos para la lectura de grasa.

Sobre aumento (SA). En los helados, el volumen de aire añadido durante el congelamiento inicial varía de entre 60 a 100%, influenciado principalmente por la grasa de la mezcla, este se expresa en el porcentaje, de la relación peso adicional y de la mezcla.

$$\%SA = (\text{peso mezcla para helado} - \text{peso helado congelado} \times 100) / (\text{peso helado congelado}) \quad [9]$$

Tasa de derretimiento. Se evaluó la susceptibilidad de los componentes iniciando con su separación. Por efecto del calor, la grasa y estabilizadores ralentizan este proceso, cuando mayor es su presencia en la mezcla. Se utilizó el método de tasa de goteo.

La tasa de goteo es la pérdida de peso ocurrida entre el tiempo de iniciación y el tiempo en que se ha derretido mayor parte de la muestra. Se calcula mediante la siguiente ecuación (Calvo y CalvoPiña 2016).

$$TDG = (\text{peso recolectado al tiempo final} - \text{peso recolectado al tiempo iniciación}) / (\text{tiempo final} - \text{tiempo iniciación}) \quad [10]$$

Color (Hunter L*a*b*). El valor se relaciona íntimamente con la apariencia y determinado por los componentes de la mezcla y afectada por el procesamiento del helado, lo cual influye

en la elección final del consumidor. Se evaluó saturación, valor y matiz en laboratorio de análisis de alimentos Zamorano (LAAZ) con el equipo Hunter Lab.

Los valores L^* , a^* , b^* se remplazaron en la ecuación 1, de índice de blancura.

$$IB = L^* - 3b^* + 3a^* \quad [11]$$

Perfil de textura. Se realizó un análisis de textura con el medidor de textura Instron CT3 con el elemento de base fijo TA-BT-KIT, una sonda TA-41 cilíndrica de 6 mm de diámetro, 7 g de peso y 35 mm de longitud, se midió cada muestra en tres ciclos de compresión a velocidad de 1 mm/s; velocidad imita la velocidad de la mordida al comer helado en un encuentro entre paladar y lengua (Ramirez-Nava 2015).

Análisis sensorial. Se realizó una prueba sensorial de aceptación con estudiantes de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano en el laboratorio de análisis sensorial. Se evaluaron tres tratamientos (óptimo, crítico y control) con variación de grasa y azúcar para los atributos de apariencia, color, cremosidad, dulzura, sabor y aceptación general. Se realizó un análisis de varianza y separación de medias DUNCAN para determinar diferencias estadísticas con un nivel de significancia de $P < 0.05$.

Análisis microbiológicos. Se realizó un conteo de coliformes totales, usando como medio de cultivo Agar Bilis Rojo Violeta (ABRV); en este medio, la peptona provee la fuente de carbono y nitrógeno necesarias para el desarrollo de los microorganismos.

Se preparó una solución de trabajo de Buffer de fosfatos con 1.25 mL de solución madre de fosfatos a 1000 mL de agua destilada que fue esterilizada en autoclave durante 15 min a 121 °C. Se preparó una dilución con 10 g de muestra y 90 mL de buffer, como solución de trabajo; (dilución 10^{-1}). Inoculando tres repeticiones de cada tratamiento, con siembra de vaciado en placa con incubación de 24 h a 35 ± 1 °C para coliformes totales (Salfinger y Tortorello 2015)

Aporte calórico y de nutrientes. Se estimó por cálculo según cantidad de componentes; las kilocalorias por gramos de carbohidratos (4kcal/g), proteína (4kcal/g) y grasa (9kcal/g).

Análisis de costos variables. Se realizó un análisis de costos para cada uno de los ingredientes utilizados para las distintas formulaciones de mezcla para helado.

Análisis estadístico: Se realizó un análisis de varianza y separación de medias DUNCAN para determinar diferencias estadísticas de medias en cada prueba física, química y sensorial con un nivel de significancia de $P < 0.05$.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Definición de los valores definidos de los tratamientos en las pruebas preliminares para la evaluación con superficie de respuesta (SDR).

Por medio de preparaciones piloto de helado y evaluación sensorial se determinaron los valores de los ingredientes principales del helado, y los niveles de los puntos centrales de la metodología de superficie de respuesta (SDR). Se determinaron valores fijos para el estabilizador a 0.3%, leche en polvo descremada a 4.25%, colorante y esencia a 0.01%, para ambos tratamientos alternativos; y pulpa de fruta al 18%, con 17 minutos de batido. Los niveles de los puntos centrales para la metodología de superficie de respuesta son la grasa a 5, 10 y 15%, y para el azúcar a 5, 10 y 15%. En el cuadro 4 se resume la respuesta de sobre aumento y la tasa de derretimiento para los 14 tratamientos de la prueba preliminar.

Cuadro 4. Sobreaumento y tasa de derretimiento de los tratamientos.

TRT	Niveles Codificados		Niveles reales de variables		Variables dependientes	
	% Grasa	% de Azúcar	% de Grasa	% de Azúcar	% de Sobre aumento	Tasa de Derretimiento g/min
1	-1	-1	5	5	50	0.55
2	-1	1	5	15	50	0.65
3	1	-1	15	5	20	0.24
4	1	1	15	15	75	0.22
5	-1.4142	0	2.9	10	36.4	0.55
6	1.4142	0	17.1	10	57.6	0.22
7	0	-1.4142	10	2.9	57.9	0.38
8	0	1.4142	10	17.1	42.9	0.32
9 ©	0	0	10	10	36.8	0.35
10 ©	0	0	10	10	36.8	0.35
11 ©	0	0	10	10	36.8	0.35
12 ©	0	0	10	10	36.8	0.35
13 ©	0	0	10	10	36.8	0.35
14 ©	0	0	10	10	36.8	0.35

©: Punto central del experimento

Según los coeficientes del análisis de superficie de respuesta, se categorizó como tendencioso y significativo debido a que el coeficiente de variación fue de 34.71% con un ($R^2 = 0.87455$), demostrando que 87 % de los resultados son expresados por el modelo estadístico. También, con la prueba F el modelo se determinó como predictivo debido a que el valor F calculado fue mayor en uno de los factores al F tabular (2.76). Además, se considera como un modelo predictivo ya que la falta de ajuste es no significativa ($P > 0.10$), la falta de ajuste no significativa nos prueba cómo el modelo logra describir las interacciones entre variables independiente y dependientes como se detalla en el cuadro 5.

La variable X_1 para grasa es la variable determinante o con mayor significancia en el modelo predictivo con un $P < 0.10$, inclusive una mayor significancia al azúcar o las interacciones entre ambas. Al mismo tiempo, con la ecuación 6 que determina la tasa de derretimiento (g/min), determinado después de la lectura y análisis de la varianza de los valores F y P, un polinomio lineal o de primer orden se ajustó a la respuesta de la variable dependiente.

$$\text{Tasa derretimiento (g/min)} = 0.629355515027051 - 0.0286072186806907X_1 + 0.026286 [6]$$

Donde:

X_1 = Grasa (%)

Cuadro 5. Coeficientes de regresión en función de las variables grasa (%) y azúcar (%) para la tasa de derretimiento (g/min).

Factor	Coeficiente de regresión	P < 0.10	F calculada
Intercepto	0.629356 *	0	-
X_1^1 (L)	-0.028607 *	0.0081	53.3543
X_1 (Q)	0.00065	0.4632	0.5934
X_2^2 (L)	0.003671	0.7515	0.1074
X_2 (Q)	0.00045	0.6083	0.2844
$X_1 \times X_2$	-0.0014	0.2568	1.4912
Falta de ajuste	0.20385		
R^2	0.87455		
F tabular	2.76		

Coeficientes con * indican significancia ($P < 0.10$), ^x relación lineal, ^y relación cuadrática, ¹Grasa (%), ²Azúcar (%).

Las variables de grasa (%) y azúcar (%) generaron un gráfico por medio de la interacción entre ambas en el modelo de superficie de respuesta. En la figura 3 se muestra el efecto en el sobre aumento del helado expresado de igual forma en porcentaje, el sobre aumento mejoró a mayor contenido de grasa y reducción del azúcar. La grasa se concentra en la superficie de las células de aire en el congelamiento, reduce la formación de cristales grandes de hielo y a medida que se incrementa el nivel de grasa permitirá un mayor tiempo de batido y enfriamiento incrementando el sobre aumento debido al poco espacio que queda entre componentes (Bonilla 2003).

Los valores críticos recomendados por el sistema fueron para la grasa 8.4% y para el azúcar 10%, valores solo estimados porque son intermedios a los porcentajes de ingredientes tratados. Según Bonilla en el 2003, se acepta entre 12 y 15 % de grasa, sin embargo, Moreira en 2008, obtuvo un helado que fue aceptado en pruebas sensoriales con panelistas con tratamientos con porcentaje de grasa de 8 a 11%; el sobre aumento mínimo que se puede obtener con la reducción de grasa es de 50 % (Martínez 2008).

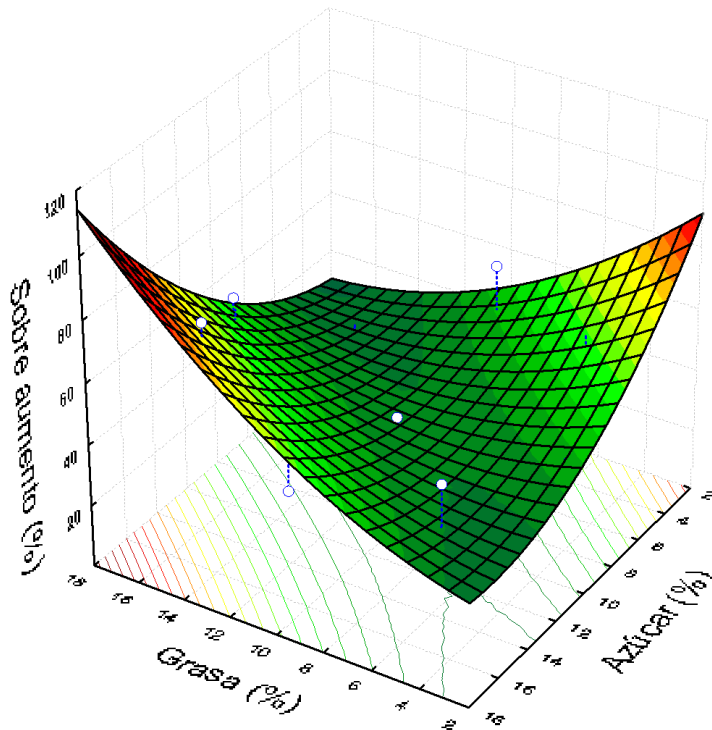


Figura 3. Efecto de la grasa (%) y el azúcar (%) en el sobre aumento del helado.

En la figura 4 se observa cómo se define un área mínima para la optimización, la cual fue alrededor de 8% de grasa y 10% de azúcar con una tasa de derretimiento aproximado de 0.35 g/min. Avalos Rodríguez (2018), define valores hasta 2.11 g/min con diferentes porcentajes de agentes estabilizadores, los cuales mejoran la capacidad estructural del helado. Se han determinado tasas de derretimiento de 0.68 a 0.42 g/min con sobre aumento de 67 a 80% (Calvo y CalvoPiña 2016). El gráfico demuestra que la reducción de grasa y aumento de la cantidad de azúcar en la muestra eleva significativamente la tasa de derretimiento.

Las variables de grasa y azúcar de igual forma demostraron una interacción en la tasa de derretimiento (g/min), debido al efecto que se produce en el punto de congelación al incrementarse el contenido de sólidos como grasa y azúcar, de -2.2 a -2.8 °C (Arbuckle 1977).

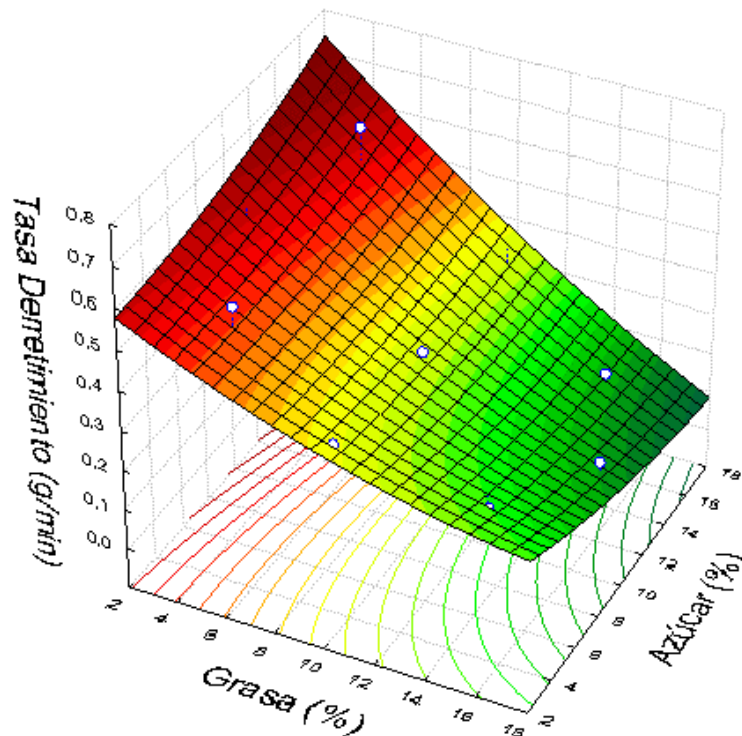


Figura 4. Efecto de la grasa (%) y el azúcar (%) en la tasa de derretimiento (g/min) en el helado.

Después de identificar y evaluar las variables independientes en el modelo, se observa en la figura 5 cómo se definen los valores óptimos de combinación, los cuales fueron grasa y azúcar al 10 %, respectivamente. La combinación de los puntos dio como resultado una tasa de derretimiento de 0.2 g/min y el sobre aumento de 47.5%. Se compara con 0.49 g/min de derretimiento con 10% de azúcar por Calvo y Calvo piña en el 2016, 86 y 90% de sobre aumento manifestado por Palazuelos en el 2015 y Arbuckle en 1977, respectivamente.

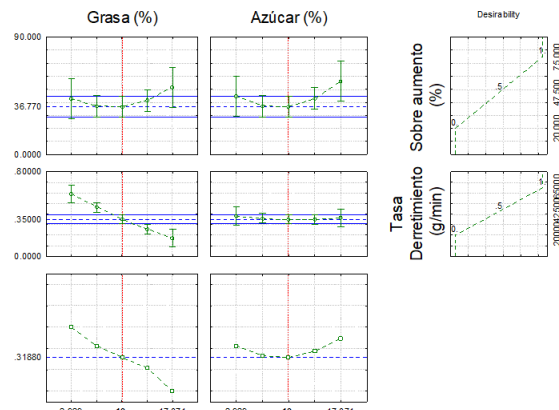


Figura 5. Función de deseabilidad en relación con el contenido grasa (%) y azúcar (%) sobre el sobre aumento (%) y la tasa de derretimiento (g/min).

Se demuestra en la figura 6 que el 87% de los datos se ajustan al modelo estadístico definido, brindándonos dos valores óptimos de las respuestas y dos críticos calculados que se evaluaron de forma física, química y sensorial. Estos fueron:

- Tratamiento 1: grasa 10 %, azúcar 10 % (óptimo),
- Tratamiento 2: grasa 8 %, azúcar 10 % (crítico),
- Tratamiento 3: grasa 17 %, azúcar 15 % (control).

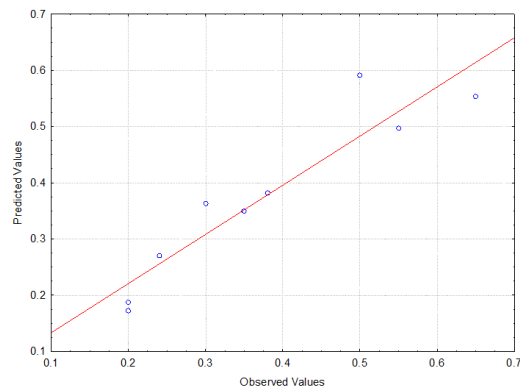


Figura 6. Dispersión de los valores reales y calculados para grasa (%) y azúcar (%).

Análisis químicos.

Fibra dietética. Se determinó que los tratamientos G10A10 y G8A10 contienen una cantidad significativa ($P < 0.05$) de 3 g de fibra dietética por la adición de pulpa pura de mango ante el tratamiento control. con 1g de aporte por porción; el puré azucarado de mango fue añadido en la etapa de batido y congelado de la mezcla, por lo que pueden declararse fuente de fibra por contener más de 3 g de fibra por 100 g de producto (COMIECO 2011). Manríquez *et. al* (2016), registraron hasta 2.10% de fibra en su formulación experimental con la adición de goma xanthan. Al tratamiento control se le añadió la cantidad de pulpa ya establecida en la planta.

Cuadro 6. Análisis de fibra dietética del helado (%).

Tratamiento	Fibra $\pm$ D.E.	CV (%) ²
Grasa10 Azúcar10	3.3766 $\pm$ 0.13 ^A	3.85
Grasa8 Azúcar10	3.7338 $\pm$ 0.32 ^A	8.57
Grasa17 Azúcar15 ¹	1.1691 $\pm$ 0.14 ^B	11.9

¹ Tratamiento control. ² Coeficiente de Variación. Medidas con diferentes letras indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

Azúcares reductores. Los resultados del análisis muestran una diferencia significativa entre el contenido de lactosa de la muestra inoculada con la enzima Lactasa ($P < 0.05$) y el control que contiene 1.7% de Lactosa (cuadro 7). La enzima logró un glucólisis total de Lactosa en la leche con un periodo de 24 horas en la muestra tratada, la cantidad de azúcares totales que se registra un promedio de 4.9% declarado por Revilla 1996 en la composición de la leche.

Según el Ministerio de Protección social de la República de Colombia en Decreto 616 del 2016, se puede registrar hasta un máximo de lactosa de 0.85% en la leche para poder ser declarado deslactosado, para Honduras no existe especificación de la residualidad de lactosa en los productos con declaración de este tipo. El proceso de deslactosado generó un aumento en el porcentaje de azúcares totales, motivo por el cual el consumidor define una dulzura mayor con referencia a los productos no deslactosados.

Cuadro 7. Evaluación de la eficiencia de enzima Lactasa por perfil de azúcares (%).

Tratamiento	Glucosa	Galactosa	Lactosa	Azúcares totales	CV(%) ³
Con lactasa ¹	2.040 $\pm$ 0.01 ^A	3.02 $\pm$ 0.095 ^A	0 $\pm$ 0 ^A	5.05 $\pm$ 0.014 ^A	6.36
Control ²	1.892 $\pm$ 0.03 ^B	0.73 $\pm$ 0.011 ^B	1.70 $\pm$ 0.56 ^B	4.32 $\pm$ 1.361 ^B	15.31

¹ Lactasa (HA-Lactase 5200; 4600 NLU/L), dosis 39mL/50L. ² Leche entera. ³ Coeficiente de variación. Medidas con diferente letras indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

La prueba se realizó con leche del laboratorio de análisis de leche de la planta de procesamiento, con 2 días de almacenaje.

Porcentaje de grasa. En los resultados de análisis de grasa se encontró diferencia significativa entre los tratamientos ($P < 0.05$), la grasa expresada en porcentaje (%) resultó en un rango entre 8.04 a 17.06% (cuadro 8). Los porcentajes de grasa en la mezcla fueron incrementando por una mayor proporción de grasa láctea en el procesamiento.

Se obtuvo un helado con características sensoriales similares al tratamiento control de la marca Zamorano, aún con una reducción significativa de grasa en su formulación de 17 hasta 10 y 8% en la mezcla. Bonilla concluyó que los consumidores aceptaron un helado con reducción hasta un 14% de grasa en la mezcla en el 2003.

Cuadro 8. Contenido de grasa de la mezcla (%).

Tratamiento	Grasa $\pm$ D.E.	CV (%) ²
Grasa10 Azúcar10 óptimo	10.0167 $\pm$ 0.94 ^A	9.38
Grasa8 Azúcar10 crítico	8.0451 $\pm$ 0.91 ^B	11.19
Grasa17 Azúcar15 ¹ control	17.0667 $\pm$ 0.95 ^C	5.57

¹ Tratamiento control. ² Coeficiente de variación. Medidas con diferentes letras indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

En el análisis de grasa en el helado se encontró diferencia significativa entre los tratamientos ($P < 0.05$). Se registraron porcentajes de grasa desde 5.68 a 12.91% descritos en el cuadro 9. El porcentaje de grasa tiene un efecto en el sobre aumento por la combinación de agitación, congelamiento y la introducción de aire en la matriz de helado, se registró desde 65.53 a 75.37%.

Cuadro 9. Contenido de grasa y sobreaumento del helado (%).

Tratamiento	Sobre aumento (%)	Grasa $\pm$ D.E.	CV (%) ²
Grasa10 Azúcar10	65.533 ^A	7.39 $\pm$ 0.54 ^A	7.32
Grasa8 Azúcar 10	64.511 ^B	5.68 $\pm$ 0.17 ^B	3.12
Grasa17 Azúcar15 ¹	75.371 ^C	12.91 $\pm$ 0.59 ^C	4.30

¹ Tratamiento control. ² Coeficiente de variación. Medidas con diferentes letras indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

Análisis físicos.

Sobreaumento (%). La incorporación de aire a la mezcla ocurre durante la etapa de batido y congelación. Todos los tratamientos fueron sometidos a esta etapa durante 15 minutos, en tandas de 11 kg de mezcla. M´Boumba *et al.*(2016) con mezcla al 11.6% obtuvieron un rendimiento de 80%. El tratamiento Grasa 10% y Azúcar 10% obtuvo el sobre aumento mayor comparado con las dos formulaciones alternativas.

Existió una diferencia estadística significativa entre todos los tratamientos ($P < 0.05$). Con un rango de sobre aumento desde 64.53 hasta 75.37%. Esto directamente fue relacionado con la presencia de grasa en la mezcla; se define que a mayor contenido de grasa en la mezcla se logra un mayor sobre aumento en el helado (cuadro 10).

Cuadro 10. Medición de sobreaumento del helado (%).

Tratamiento	%	±	D.E.	CV (%) ²
Grasa 10 Azúcar 10	67.5333 ^A	±	3.55 ^A	5.26
Grasa 8 Azúcar 10	64.5111 ^B	±	1.49 ^B	2.31
Grasa 17 Azúcar 15 ¹	75.3717 ^C	±	2.51 ^C	3.32

¹ Tratamiento Control. ²Coeficiente de variación. Medidas con diferentes letras indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

Tasa de derretimiento (g/min). Los cálculos se realizaron con la ecuación 10. Los rangos de tasa de goteo fueron desde 0.4233 a 0.85 g/min mostrados en el cuadro 11 con diferencia significativa ($P < 0.05$) del tratamiento control (17G15A). Los tratamientos alternativos no fueron diferentes; se observa una tendencia entre el aumento del derretimiento y la disminución de grasa en la mezcla para helado. Todos los tratamientos fueron expuestos a la misma temperatura ambiente (29 ± 5 °C).

El tratamiento Grasa 8% y Azúcar 10% fue el que presentó la tasa más baja de derretimiento para las mezclas alternativas. M´Boumba *et al.* 2016, definió una tasa de derretimiento de 1.0 a 3.5 g/minuto con mezclas de 11 a 13% grasa sin especificar la temperatura ambiente a la que fue sometido el helado. En este estudio no se evaluaron diferentes porcentajes de estabilizador que también genera una reducción de la tasa de derretimiento.

Cuadro 11. Tasa de derretimiento del helado (g/min).

Tratamiento	g/min	±	D.E.	CV (%) ²
Grasa10 Azúcar10	0.682	±	0.030 ^A	4.39
Grasa 8 Azúcar10	0.727	±	0.063 ^A	8.66
Grasa17 Azúcar15 ¹	0.421	±	0.023 ^B	5.39

¹ Tratamiento Control. ² Coeficiente de variación. Medidas con diferentes letras indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

Color. Según Mathias-Rettig y Ha-Hen en el 2014, los consumidores revelan una fuerte predisposición con los productos de buena apariencia, un elemento intrínseco es el color, por ello en el desarrollo o mejoramiento de productos alimenticios se evalúa este parámetro de forma cualitativa y cuantitativa.

En el cuadro 12 se observan los diferentes datos obtenidos mediante el instrumento Hunter L*a*b*. El valor L* establece la claridad y oscuridad de los diferentes tratamientos de helado. Se observa que la luminosidad de todos los tratamientos 10G10A y 8G10A no fue estadísticamente diferente, pero ambos son diferentes al tratamiento control ($P < 0.5$). El aumento en la claridad en los tratamientos evaluados puede atribuirse a la elevación del porcentaje de leche fluida en las formulaciones.

En el valor a* se identifican las intensidades en el rango del color rojo a verde. Se observa que los tratamientos 8G10A y 8G10A son iguales entre sí, pero diferentes al tratamiento 17G15A ($P < 0.05$). El valor b* identifica la intensidad del color amarillo y azul, el tratamiento G17A15 (control) es diferente al resto de tratamientos G10A10, G8A10 que son iguales entre ellos ($P < 0.05$). Se atribuye el aumento en el color amarillo debido a la cantidad superior de pulpa de mango en los tratamientos alternativos.

Cuadro 12. Análisis de color: valores L* a* b* del helado.

Tratamiento	L*	a*	b*	CV (%) ²	IB ³
Grasa10 Azúcar 10	77.73±0.19 ^A	15.17±0.09 ^A	41.27±0.03 ^A	1.40%	-0.669 ^A
Grasa8 Azúcar 10	77.27±0.02 ^B	16.13±0.03 ^B	41.40±0.05 ^A	2.10%	1.476 ^B
Grasa17 Azúcar 15 ¹	75.87±0.05 ^C	16.17±0.02 ^B	40.63±0.01 ^B	0.43%	2.417 ^C

¹ Tratamiento Control. ² Coeficiente de variación. Medidas con diferentes letras indican diferencias significativas ($P < 0.05$). ³ Índice de blancura.

Perfil de textura. Como se observa en el cuadro 13 existen diferencias estadísticas ($P < 0.05$) en la textura de todos los tratamientos debido a las variaciones de grasa y sobre aumento en los tratamientos. La resistencia a la penetración esta expresada en Newton (N), el tratamiento con mayor resistencia fue el tratamiento G8A10, que presentó una elevación

en la resistencia a la penetración por efecto de un mayor tamaño de los cristales de hielo en la mezcla comparado con los otros tratamientos, lo cual fue debido a la reducción de grasa en su formulación que generó una textura más dura y granulosa.

Los rangos obtenidos van desde 0.36 hasta 7.81 expresado en Newtons, el tratamiento con un menor sobreaumento (64.5%) por la reducción de grasa hasta 8% en la mezcla generó una mayor resistencia a la penetración, definiendo una clara relación entre reducción de grasa y aumento de la resistencia. La dureza del helado se vio afectada por el sobre aumento, contenido de grasa y estabilizador. Ávalos en el 2018 registró de 7.25 a 32.57 N de resistencia en helado de yogur con diferentes porcentajes de helado.

Cuadro 13. Análisis de textura del helado (Newton).

Tratamiento	Sobre aumento (%)	Textura	±	D.E.	CV (%) ²
Grasa10 Azúcar10	67.5333 ^A	4.9333	±	0.250 ^A	5.06
Grasa8 Azúcar10	64.5111 ^B	7.8167	±	0.200 ^B	2.56
Grasa17 Azúcar15 ¹	75.3717 ^C	0.3617	±	0.015 ^C	4.14

¹ Tratamiento Control. ² Coeficiente de variación. Medidas con diferentes letras indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

Análisis sensorial. Se realizó una prueba afectiva de aceptación a 100 panelistas clasificados como consumidores regulares de helado. Se observó que el tratamiento control con la formulación del helado Zamorano obtuvo los mayores puntajes en las pruebas de apariencia, color, cremosidad, dulzura, sabor, aceptación en general y poca distinción entre los tratamientos de 8 y 10% de grasa (Cuadro 14).

En cuanto a la apariencia, el control fue el mejor calificado, los panelistas no distinguieron diferencia entre los dos tratamientos alternos con variación de grasa y azúcar, aunque el tratamiento con 10% grasa se derritió con una tasa de derretimiento de 0.85 g/min y provocó un detrimento en la calificación de apariencia.

La cremosidad del tratamiento control G17A15 recibió el mejor puntaje en relación al dato de compresión en laboratorio que únicamente necesitó 0.36 N para ceder. Para los tratamientos alternos, los panelistas no indicaron una diferencia estadística en la cremosidad. Dulzura y sabor presentaron un mismo patrón. El mejor evaluado fue el tratamiento control y fue diferente a los tratamientos alternativos, pero de manera estadística no hubo diferencia entre ambos ($P < 0.05$) para dulzura y sabor. Se destaca que la dulzura se alteró en el aumento de pulpa de mango y efecto del resultado, pero se equilibró con la reducción de azúcar refinada añadida.

Se define una preferencia por la marca Zamorano, al ser consumido en promedio una vez por semana, pero los tratamientos alternos con reducción de grasa azúcar, y aporte de fibra no presentaron diferencia estadística y con una puntuación media de 3.65 a 3.53 demuestran su aceptación por los consumidores.

Cuadro 14. Análisis sensorial de preferencia de los tratamientos de helado.

TRT	Apariencia	Color	Cremosidad	Dulzura	Sabor	Aceptación General
	Media	Media	Media	Media	Media	Media
^{1*} G17A15	4.12 ± 0.9 ^A	4.21 ± 0.9 ^A	4.41 ± 1.2 ^A	4.23 ± 1.1 ^A	4.39 ± 1.2 ^A	4.32 ± 0.96 ^A
² G10A10	3.86 ± 0.8 ^B	3.86 ± 0.8 ^B	3.46 ± 0.9 ^B	3.53 ± 0.9 ^B	3.46 ± 0.9 ^B	3.65 ± 0.81 ^B
³ G8A10	3.79 ± 0.8 ^B	3.58 ± 0.8 ^C	3.18 ± 0.8 ^B	3.44 ± 0.9 ^B	3.44 ± 0.9 ^B	3.53 ± 0.19 ^B
⁴ CV (%)	23	23	28	22	27	17

¹ Grasa17 Azúcar15. * Control. ² Grasa10 Azúcar10. ³ Grasa8 Azúcar10. ⁴ Coeficiente de variación. Medidas con diferentes letras indican diferencias significativas (P < 0.05). 100 panelistas evaluaron con escala Hedónica de 1-5

La figura 7 muestra una acumulación de los puntajes obtenidos por parámetro sensorial evaluado. El tratamiento control G17A10 obtuvo un total de 25.6 puntos, el tratamiento G10A10 21.8 puntos y el tratamiento G8A10 20.9 puntos acumulados.

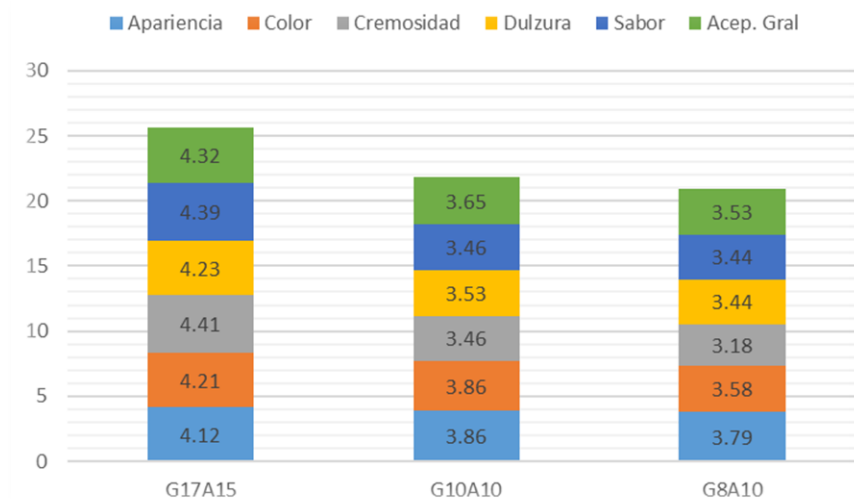


Figura 7. Gráfico de barras acumuladas de los parámetros del análisis sensorial

Análisis microbiológico. En el análisis de los tratamientos G10A10 y G17A17, luego del recuento microbiológico, el cual estableció por debajo de los límites establecidos por la norma de México, mientras que para Estados Unidos los tres tratamientos se encuentran bajo el límite máximo permitido de 10^2 ufc/g y 10^3 ufc/g, respectivamente (DIGESA, MINSA 2003, FDA 2013). El tratamiento G8A10 presentó un incremento en el conteo de coliformes el cual se puede atribuir al cambio de ambiente donde se produjo ese tratamiento,

el área de materias primas y equipos. de la planta de investigación de alimentos (Cuadro 15).

Cuadro 15. Conteo de coliformes totales de los tratamientos (UFC/g).

Tratamiento	Conteo UFC/g	Norma Peruana ⁴	FDA USA ⁵
		límite máximo	límite máximo
Grasa10 Azúcar10	<10		
Grasa8 Azúcar10	180	200 ufc /g	1000 ufc/g
Grasa17 Azúcar15	<10		

¹ Grasa. ² Azúcar. ³ Tratamiento control. ⁴ Perú. Helados a base de leche y postres a base de helados (con ingredientes no pasteurizados: coberturas, maní, mermeladas, frutas confitadas u otros). ⁵ USA. Helado con ingredientes añadidos (nueces, frutas, cocoa.)

El tratamiento G8A10, con puré puro de mango fue el último de los tratamientos en prepararse, con un tiempo de exposición a temperatura de aproximadamente 1 hora sufrió un incremento en el conteo de bacterias lo cual, es la razón posible por la que alcanzó 180 ufc/g.

Aporte calórico y de nutrientes. Se utilizó una tabla de contenido de alimentos para estimar el aporte calórico y nutrientes con excepción del contenido de fibra ajustado según análisis de laboratorio. En el cuadro 16 se muestra el aporte calórico de cada mezcla, para el helado de la marca Zamorano, con un aporte de 189 Kcal por porción de 100 g, lo que representa 9% del total diario recomendado en una dieta de 2000 kcal, nutrientes como la grasa total (g), grasa saturada (g) y los azúcares se encuentran en exceso por porción; 58, 186 y 381% respectivamente, según los criterios establecidos por OMS, OPS 2016. Este postre no es una fuente significativa de fibra ni excede el nivel de sodio con respecto a las calorías en una relación 0.69 a 1.

Cuadro 16. Estimación de aporte calórico y nutrientes de los tratamientos.

Calorías y nutrientes	Grasa17Azúcar15*	Grasa10Azúcar10	Grasa8Azúcar10
Energía (Kcal)	189	168	157
Grasa Total (g)	10	9	8
Proteína (g)	4	4	4
Grasa Saturada (g)	6	5	5
Colesterol (mg)	31	27	23
Carbohidratos (g)	22	19	19
Azúcares (g)	20	16	16
Fibra (g)	1	3	3
Sodio (mg)	125	131	132

Estimación en 100 g de helado.* Tratamiento control.

El tratamiento G10A10 presentó una reducción en el contenido calórico de 11%, siendo 168 Kcal por porción de 100 g de helado con un exceso en grasa de 60 a 168% exceso en grasa saturada y 280% excedente en azúcares añadidas. En la relación de sodio: kcal no se estima un excedente, siendo de 0.77 mg por kcal. El análisis de fibra dietética establece que existe 3 g de fibra dietética por porción de helado de 100 g, que según el anexo E del RTCA se puede declarar como un producto fuente de fibra.

El tratamiento G8A10 aporta 157 Kcal por porción, lo cual representa una reducción de 20 % en comparación a la mezcla Zamorano. El nivel graso total excede un 52%, la grasa saturada excede con 186% y los azúcares exceden 307%; estos valores en relación al aporte global de calorías valor del 30, 10 y 30% para grasa total, grasa saturada y azúcares respectivamente. El nivel de sodio aumenta en las estimaciones debido al incremento de leche líquida en la formulación, de igual forma no excede su contenido ya que, -la relación fue 0.84 mg de sodio por 1 kcal. Este tratamiento también es una fuente de fibra dietética por su contenido de 3 g por porción y presenta una reducción de 25.8% de colesterol respecto a la mezcla control, por lo cual, se puede declarar como un producto reducido en colesterol y bajo en sodio según el COMIENCO 2011. Los tratamientos presentaron un exceso de tres nutrientes críticos; grasa total, saturada y azúcar, presentando la oportunidad de mayor reducción de los mismos.

Análisis de costo variable. Los tratamientos Grasa10 Azúcar10 y Grasa8 Azúcar10 generaron un costo de producción por kg de mezcla de 19.56 Lempiras. Este valor se debe al uso de lactasa, aumento en el contenido de pulpa cuyo precio es menor que el puré de mango que se usa normalmente. El tratamiento G17A15 procesado con los porcentajes utilizados por la planta de lácteos Zamorano, con un costo de producción de 0.79 dólares por Kilogramo de mezcla, este se reduce de manera considerable por la baja adición de puré.

La crema láctea y la leche descremada fluida tienen el mismo costo, por lo cual, producir este helado no implica realizar una inversión en infraestructura y personal ya que el aumento de costo fue de 0.10%, con la necesidad de establecer los niveles de demanda externa (Granizo 1999).

Cuadro 17. Costos variables de los tratamientos.

Ingredientes	USD		% por Tratamiento		
	L	kg	G10A10	G8A10	G17A15*
Leche descremada		0.39	67.21	71.05	50.62
Crema láctea		0.39	18.24	14.4	29.83
Puré de mango ¹		2			8
Pulpa de mango ²		0.96	18	18	
Azúcar refinada		0.71	10	10	15
Leche descremada en polvo		2.1	4.25	4.25	4.25
Estabilizador para helado		20.11	0.3	0.3	0.3
Lactasa (HA-Lactase 5200)	257.26		0.001	0.001	
colorante	17.66		0.01	0.01	0.01
Aroma	31.26		0.01	0.01	0.01
Costo mezcla USD/Kg			0.791	0.791	0.79

¹ Con azúcar añadida 10%, ² Sin azúcar añadida. * Tratamiento control. Tasa de cambio:1 USD = 24.68 HNL

4. CONCLUSIONES

- Se desarrollaron tres mezclas de helado bajo en azúcar, grasa y fibra de mango adicionada.
- La tasa de derretimiento aumentó con la reducción del contenido de grasa por pérdida del efecto aislante.
- Con los tratamientos alternativos se estimó un aporte calórico de 168 kcal (Grasa10 Azúcar10) y 157 Kcal (Grasa8 Azúcar10), con una reducción de hasta 20% del aporte calórico en comparación con el control. Adicionalmente se redujo 25% el contenido de colesterol (mg) en el tratamiento con 8% de grasa y 10% de Azúcar.
- El costo variable por kilogramo de mezcla para helado bajo en grasa y azúcar aumenta 0.1% comparado con el helado de la planta de lácteos de Zamorano, que presenta una posibilidad para su producción y comercialización.

5. RECOMENDACIONES

- Desarrollar un estudio de factibilidad económica dentro de la planta de lácteos para lanzar una línea de helados con características nutricionales.
- Realizar una estrategia de reformulación para la reducción de nutrientes críticos, como grasa, sodio y azúcar e inclusión de componentes bioactivos como fitoesteroles, antocianinas, flavonoides, tioles.

6. LITERATURA CITADA

- Arbuckle WS, editor. 1977. Ice cream. 3. ed. Westport, Conn.: AVI Publ. VI, 517 Seiten. ISBN: 0870552562.
- Ávalos Rodríguez, RG. 2018. Evaluación de dos emulsificantes y tres proporciones de mezclas de helado y yogur en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de helado de yogur sabor café. San Antonio de Oriente, Francisco Morazán: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 35 p; [consultado el 16 de mar. de 2019]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6219/1/AGI-2018-T007.pdf>.
- Cabezas Zabala CC, Hernández Torres BC, Vargas Zárate M. 2016. Azúcares adicionados a los alimentos: efectos en la salud y regulación mundial. Revision de la literatura regulación mundial. Sugars Added in Food: Health Effects and Global Regulation. Rev. Fac. Med. 64(2):319–329. doi:10.15446/revfacmed.v64n2.52143.
- Calvo Cabezas JL, Calvopiña Arias AD. 2016. Efecto de lactasa, azúcar y leche descremada en polvo en las propiedades físico-químicas y sensoriales de helado deslactosado de vainilla. San Antonio de Oriente, Francisco Morazán: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 29 p; [consultado el 20 de ene. de 2019]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5754/1/AGI-2016-T008.pdf>.
- Bonilla Lagos MJ. 2003. Efecto del porcentaje de grasa de la mezcla y forma de adición de galletas en la elaboración de un helado de galletas con crema. San Antonio de Oriente, Francisco Morazán: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 51 p; [consultado el 16 de mar. de 2019]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5352/1/AGI-2003-T005.pdf>.
- Bonilla Torres FD. 2014. Efecto de los patrones de consumo de alimentos en el estado antropométrico, riesgo e incidencia del síndrome metabólico en adultos de la aldea El Jicarito, San Antonio de Oriente, Honduras 2014 [tesis]. San Antonio de Oriente, Francisco Morazán: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 32 p; [consultado el 19 de ene. de 2019]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4077/1/AGI-2014-T005>.
- Borjas Chávez J. 2013. Estudio Sectorial: El mercado de leche y sus derivados en Honduras. Honduras: Comisión para la Defensa y promoción de la competencia; [consultado el 10 de feb. de 2019]. 84 p. https://www.cdpc.hn/sites/default/files/Privado/estudios_mercado/estudio%20sectorial%20003.pdf.

- Bury D, Jelen P. 2000. Lactose hydrolysis using a disrupted dairy culture: Evaluation of technical and economical feasibility. *Canadian Agricultural Engineering*. 42(2):75–80.
- Cabezas Zabala CC, Hernández Torres BC, Vargas Zárate M. 2016. Azúcares adicionados a los alimentos: efectos en la salud y regulación mundial. *Revision de la literatura regulación mundial. Sugars Added in Food: Health Effects and Global Regulation*. *Rev. Fac. Med.* 64(2):319–329. doi:10.15446/revfacmed.v64n2.52143.
- Calvo Cabezas JL, Calvopiña Arias AD. 2016. Efecto de lactasa, azúcar y leche descremada en polvo en las propiedades físico-químicas y sensoriales de helado deslactosado de vainilla. San Antonio de Oriente, Francisco Morazán: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 29 p; [consultado el 20 de ene. de 2019]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5754/1/AGI-2016-T008.pdf>.
- Chr-Hansen. 2019. HA-LACTASE™. [Milwaukee, USA]: [sin editorial]; [consultado el 1 de feb. de 2019]. <https://www.chr-hansen.com/es/food-cultures-and-enzymes/fresh-dairy/cards/product-cards/ha-lactase>.
- CAMDI, Iniciativa Centroamericana de Diabetes. 2009. Encuesta de diabetes, hipertensión y factores de riesgo de enfermedades crónicas Tegucigalpa, Honduras. Tegucigalpa, Honduras. https://www.paho.org/hon/index.php?option=com_content&view=article&id=223:encuesta-camdi-inicia-proceso-vigilancia-epidemiologica-sobre-diabetes&Itemid=260
- COMIENCO, Consejo de ministros de integración económica centroamericana. 2011. etiquetado nutricional de productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de 3 años de edad.: RTCA 67.01.60:10. [sin lugar]: RTCA (Reglamento Técnico Centroamericano); [actualizado 2011]. 43 p.
- DIGESA, Dirección general de salud ambiental, MINSA, Ministerio de Salud del Perú. 2003. Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. Perú: [sin editorial]; [actualizado 2003; consultado el 7 de jun. de 2019]. 24 p. http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/Proy_RM615-2003.pdf.
- Escudero Álvarez E, González Sánchez P. 2006. La fibra dietética. *Nutr Hosp*; [consultado el 24 de jun. de 2019]. 21:61–72. <http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v21s2/original6.pdf>.
- FEPALE, Federación Panamericana de Lechería. 2018. Panorama del sector lácteo en América latina. Uruguay: [sin editorial]. <http://fepale.org/infoleche/2018/01/18/panorama-del-sector-lacteo-en-america-latina/>.
- FDA, Food and Drugs Administration. 2013. Revised Guidelines for the assessment of microbiological quality of processed foods. Department of Health. [Sin Lugar]: [sin editorial]. 11 p
- Friedman M, Jürgens HS. 2000. Effect of pH on the Stability of Plant Phenolic Compounds. *J. Agric. Food Chem.* 48(6):2101–2110. doi:10.1021/jf990489j.
- Fuentes M. 2015a. Análisis de fibra dietética AOAC 985.25: LAA-I219-1. San Antonio de Oriente, Francisco Morazán: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 4 p.

- Fuentes M. 2015b. Análisis de azúcares AOAC 982.14 [protocolo de laboratorio]. Zamorano, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 3 p.
- Fuentes Rosales JI. 2015. Evaluación nutricional y prevalencia del Síndrome Metabólico en adultos mayores de 65 años de El Jicarito y alrededores, San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras. San Antonio de Oriente, Francisco Morazán: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 53 p; [consultado el 19 de ene. de 2019]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4568/1/AGI-2015-020.pdf>.
- Gálvez López RA. 2018. Optimización del proceso fermentativo Honey en café especial variedad Pacamara, Finca Santa Rosa, El Salvador. San Antonio de Oriente, Francisco Morazán: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 27 p; [consultado el 17 de mar. de 2019]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6253/1/AGN-2018-T014.pdf>.
- Granizo DP. 1999. Evaluación sensorial, nutricional y de costos de helado elaborado con "Simplese" como reemplazante de grasa láctea. San Antonio de Oriente, Francisco Morazán: Zamorano, Escuela Agrícola Panamericana 2016. spa. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5314/1/CPA-1999-T058.pdf>.
- Grossi GV, Ohaco Dominguez EH, De Michelis A. 2015. Determinación de fibra dietética total, soluble e insoluble en hongos comestibles de cultivo *Pleurotus ostreatus*. Villa Regina, Rio Negro, Argentina: Facultad de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Universidad Nacional del Comahue. 25 de mayo y Reconquista. 19 p.
- Guillén Ordóñez MA. 2018. Efecto de Campos Eléctricos Pulsantes (CEP) en la extracción de antocianinas de flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y evaluación de su potencial como colorante natural. San Antonio de Oriente, Francisco Morazán: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 41 p; [consultado el 16 de abr. de 2019]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6246/1/AGI-2018-T029.pdf>.
- INCAP, Instituto de nutrición de Centro América y Panamá. 2018. Tabla de composición de alimentos de Centroamérica. 3a. Guatemala: Menchú MT. Méndez H. ISBN: 978-9929-701-17-5.
- INE, Instituto Nacional de Estadística Honduras. 2013. XVII Censo de Población y VI de Vivienda. Censo. Honduras: Instituto Nacional de Estadística; [consultado el 10 de feb. de 2019]. <https://www.ine.gob.hn/index.php/component/content/article?id=81>.
- Manriquez Maya J, Salinas Biviano V, Moreno Ramos C, Valdés Martínez SE. 2016. Desarrollo de un helado para diabeticos sabor vainilla bajo en calorías y grasa, empleando inulina y sucralosa. México: Universidad Autónoma de México. 6 p.
- Mathias-Rettig K, Ah-Hen K. 2014. El color en los alimentos un criterio de calidad medible. Agrosur; [consultado el 6 de may. de 2019]. <http://www.agrarias.uach.cl/wp-content/uploads/2016/04/art07-Mathias.pdf>.
- Martínez Téllez BA. 2008. Desarrollo de un helado saborizado con vainilla y canela con adición de galletas tipo mantequilla. San Antonio de Oriente, Francisco Morazán: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 39 p; [consultado el 20 de ene. de 2019]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4911/1/AGI-2008-T027.pdf>.

- Ministerio de la protección social, República de Colombia., editor. 2006. Decreto número 616 de 2006.: Reglamento Técnico sobre los requisitos que debe cumplir la leche para consumo humano que se obtenga, procese, envase, transporte, comercializa, expendi, importe o exporte en el país; 28 febrero 2006. Colombia: Ministerio de la protección social. 41 p.
- Morales Arce AY. 2010. Variación genética asociada con intolerancia a la lactosa en grupos indígenas de baja Centroamérica y su potencial como problema de salud: Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Antropología para optar al grado y título de Maestría Académica en Antropología [Unpublished]. Costa Rica: Ciudad Universitaria Rodrigo Facio. [consultado el 8 de jul. de 2019]. DOI:10.13140/RG.2.2.14998.45123
- Moreira Garzón MF. 2008. Efecto de la acidez y grasa en las propiedades físico – químicas y sensoriales del helado de yogur. San Antonio de Oriente, Francisco Morazán: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 34 p; [consultado el 16 de mar. de 2019].<https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5409/1/AGI-2008-T033.pdf>.
- Moreno-Arribas MV. 2017. La importancia del color en los alimentos.: Instituto de Investigación en ciencias de la alimentación (CIAL), CSIC-UAM. Revista de Tecnología e higiene de los alimentos... 6(486):6–8. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6145139>.
- M´Boumba A, Rodríguez T, Benítez E, Jorge MC, Morales Y, Nuñez de Villavicencio M. 2016. Desarrollo De Helado Artesanal a Nivel De Obrador. Ciencia y tecnología de alimentos. 26(2):6–13.
- Navarro Ramírez J. 2012. Efecto del consumo de fibra en la dieta del paciente diabético. Revista Médica de Costa Rica y Centroamérica. 21–23.
- OCDE, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, FAO, Food and Agriculture Organization. 2017. OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2017-2026. París: OECD. ISBN: 9789264280762.
- OMS, Organización Mundial de la Salud, OPS, Organización Panamericana de la Salud. 2016. Modelo de perfil de nutrientes de la Organización Panamericana de la Salud. Whashington D.C. 38 p.
- Palazuelos A. 2015. Evaluación de tres edulcorantes no calóricos en las características y aceptabilidad del helado. San Antonio de Oriente, Francisco Morazán: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. spa; [consultado el 17 de ene. de 2019]. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/2821>.
- Quezada Orozco MA, Bernys Karolys WA. 2015. Efecto de niveles de lactasa y cloruro de calcio en las propiedades físicas, químicas y sensoriales del queso crema deslactosado Zamorano. San Antonio de Oriente, Francisco Morazán: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 44 p; [consultado el 19 de ene. de 2019]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5123/1/AGI-2015-045.pdf>.
- Ramirez-Navas JS. 2015. PARÁMETROS DE CALIDAD EN HELADOS. Cali, Colombia: [sin editorial]. ReCiTeIA (1); [consultado el 16 de may. de 2019]. <https://>

www.academia.edu/28353233/PAR%C3%81METROS_DE_CALIDAD_EN_HELADOS.

- Revilla RA. 1996. Tecnología de la leche. 3. ed. Rev. Zamorano, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana. 396 p. ISBN: 1885995334.
- Serrano Vallecillos FJ. 2017. Análisis de factibilidad para la introducción y comercialización de helados marca Zamorano en la ciudad de Tegucigalpa, Honduras. San Antonio de Oriente, Francisco Morazán: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 47 p.
- Rodríguez T, Camejo J, M'Boumba A. 2015. Desarrollo de un helado con fibra dietética para diabéticos. Ciencia y tecnología de alimentos. 25(3):49–53.
- Rosado J. 2016. Intolerancia a la lactosa: Artículo original. Gaceta Médica de México. (152):67–73. https://www.anmm.org.mx/GMM/2016/s1/GMM_152_2016_S1_067-073.pdf.
- Rubio M. 2002. Implicaciones de la fibra en distintas patologías. Unidad de nutrición clínica y dietética. Servicio de endocrinología y nutrición. Hospital clínico San Carlos, Madrid. Madrid, España: [sin editorial]. 13 p. (vol. 17). ISBN: 0212-1611; [consultado el 25 de jun. de 2019]. <http://www.nutricionhospitalaria.com/pdf/3361.pdf>.
- Salfinger Y, Tortorello ML, editores. 2015. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 5th ed. 800 I Street NW, DC 20001-3710: American Public Health Association. ISBN: 9780875532738
- Serrano Vallecillos FJ. 2017. Análisis de factibilidad para la introducción y comercialización de helados marca Zamorano en la ciudad de Tegucigalpa, Honduras. San Antonio de Oriente, Francisco Morazán: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 47 p.
- SOFEX Américas LTDA. 2016. Microsoft PowerPoint – CHR Hansen HA-LACTASE 5200: Queso Deslactosado.pptx. Bogotá, Colombia: 12 p.
- Terrés Speziale AM, Casas Torres LT. 2002a. Enfermedad diarreica e intolerancia a la lactosa en México. Revista médica del IMSS. 40(4):329–341.
- Terrés Speziale AM, Casas Torres LT. 2002b. Evaluación del impacto de la intolerancia a la lactosa en el riesgo de osteoporosis. Rev. Mex Patol Crin. 49(2):77–84.

7. ANEXOS

Anexo 1. Evaluación sensorial de helado.

Evaluación sensorial de helado.

Usted recibirá tres muestras de helado, agradezco tomarse el tiempo suficiente para evaluar con sinceridad las diferentes presentaciones.

Instrucciones: Encierre el número que merece la muestra en cada uno de los atributos que se describen.

1. Me disgusta mucho
2. Me disgusta
3. No me gusta ni me disgusta
4. Me gusta
5. Me gusta mucho

Muestra: _____					
Apariencia	1	2	3	4	5
Textura	1	2	3	4	5
Creosidad	1	2	3	4	5
Dulzura	1	2	3	4	5
Sabor	1	2	3	4	5
Acp. General	1	2	3	4	5

Anexo 2. Definición de Valor F tabular.

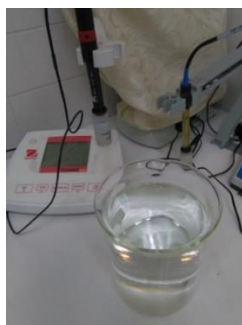
Los grados de libertad del numerador son $r - 1$. Los grados de libertad del denominador son $nT - r$.

Donde;

nT = número total de observaciones $14 - 1 = 13$.

r = número de niveles del factor $3 - 1 = 2$.

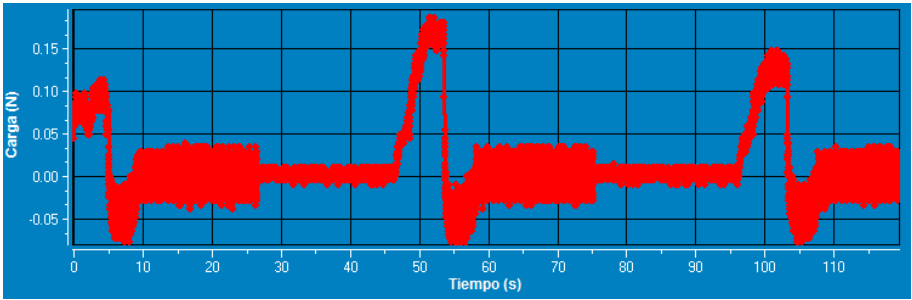
Anexo 3. Análisis de fibra dietética.



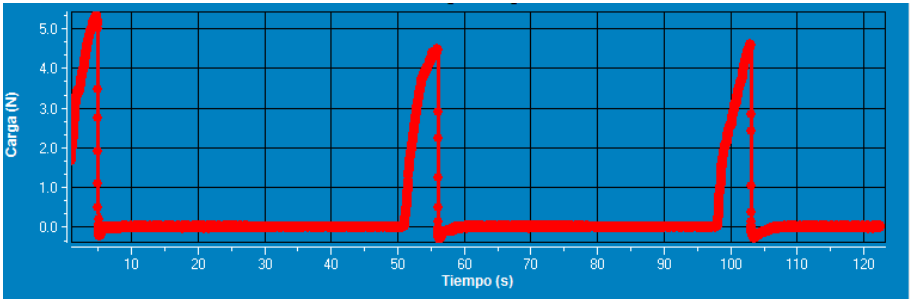
Anexo 4. Análisis sensorial.



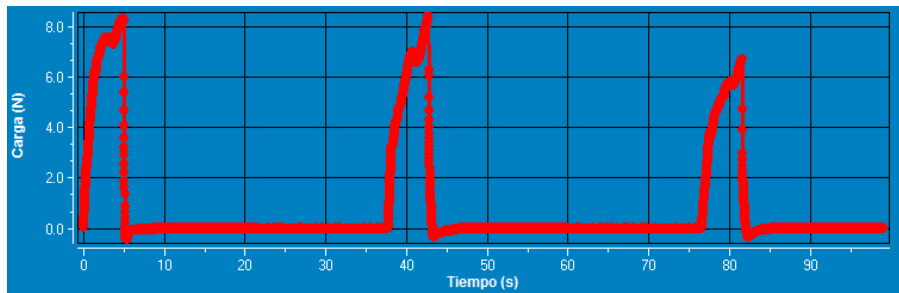
Anexo 5. Perfiles de textura.
Trat G17A15



Tratamiento G10A10



Tratamiento G8A10



Anexo 6. Cuadros de salida análisis estadístico SAS

Prueba de grasa.

```
data luiz;
input trt $ rep grasa;
datalines;
G10A10 1 10.1
G10A10 2 9.9
G10A10 3 10.1
G10A10 4 10
G10A10 5 10.2
G10A10 6 9.8
G8A10 1 8.2
G8A10 2 8.1
G8A10 3 8.27
G8A10 4 7.5
G8A10 5 8
G8A10 6 8.2
G17A15 1 17
G17A15 2 17.2
G17A15 3 17.1
G17A15 4 17.3
G17A15 5 17
G17A15 6 16.8
;
proc glm;
class rep trt;
model grasa=rep trt;
means trt/duncan;
lsmeans trt/stderr pdiff;
ods html close;
ods html;
run;
```

trt	grasa LSMEAN	Standard Error	Pr > t	LSMEAN Number
G10A10	10.0166667	0.0947267	<.0001	1
G17A15	17.0666667	0.0947267	<.0001	2
G8A10	8.0450000	0.0947267	<.0001	3

Least Squares Means for effect trt Pr > t for H0: LSMean(i)=LSMean(j) Dependent Variable: grasa				
i/j	1	2	3	
1		<.0001	<.0001	
2	<.0001		<.0001	
3	<.0001	<.0001		

LS-Means for trt

Prueba de Sobreauento

```
data luiz;
input trt $ rep sobreauento;
datalines;
G10A10 1 68.2
G10A10 2 66
G10A10 3 68
G10A10 4 70
G10A10 5 68
G10A10 6 65
G8A10 1 64
G8A10 2 65
G8A10 3 65
G8A10 4 63
G8A10 5 66
G8A10 6 64
G17A15 1 76
G17A15 2 75
G17A15 3 75.23
G17A15 4 75
G17A15 5 76
G17A15 6 74
;
proc glm;
class rep trt;
model sobreauento=rep trt;
means trt/duncan;
lsmeans trt/stderr pdiff;
ods html close;
ods html;
run;
```

The SAS System				
The GLM Procedure				
Least Squares Means				
trt	sobreauento LSMEAN	Standard Error	Pr > t	LSMEAN Number
G10A10	67.5333333	0.5547948	<.0001	1
G17A15	75.3716667	0.5547948	<.0001	2
G8A10	64.5000000	0.5547948	<.0001	3

Least Squares Means for effect trt
Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)
Dependent Variable: sobreauento

Tasa de derretimiento

```

data luiz;
input trt $ rep tasa derretimiento;
datalines;
G10A10 1 0.9
G10A10 2 0.75
G10A10 3 0.85
G10A10 4 0.9
G10A10 5 0.8
G10A10 6 0.79
G8A10 1 0.5
G8A10 2 0.5
G8A10 3 0.55
G8A10 4 0.49
G8A10 5 0.53
G8A10 6 0.54
G17A15 1 0.45
G17A15 2 0.475
G17A15 3 0.35
G17A15 4 0.48
G17A15 5 0.47
G17A15 6 0.3
;

proc glm;
class rep trt;
model tasa derretimiento=rep trt;
means trt/duncan;
lsmeans trt/stderr pdiff;
ods html close;
ods html;
run;

```

Means with the same letter are not significantly different.			
Duncan Grouping	Mean	N	trt
A	0.85000	3	G10A10
B	0.52667	3	G8A10
B	0.42333	3	G17A15

The SAS System

The GLM Procedure
Least Squares Means

trt	tasa LSMEAN	Standard Error	Pr > t	LSMEAN Number
G10A10	0.85000000	0.03274480	<.0001	1
G17A15	0.42333333	0.03274480	0.0002	2
G8A10	0.52666667	0.03274480	<.0001	3

Anexo 7. Hoja de registro Azúcares, perfil de azúcares.

12	Sacarosa		Glucosa		Fructosa		Galactosa		Lactosa		Maltosa		Azúcares totales	Promedio	u	U	%CV
13	Factor de dilución	Área	Porcentaje	Área	Porcentaje	Área	Porcentaje	Área	Porcentaje	Área	Porcentaje	Área					
14	100		0.000	82316	2.140	0.000	164600.8	2.92	0.00	0.00	0.00	5.060	5.055	0.007	0.014	6.363	
15	100		0.000	85751.5	1.940	0.000	184219.3	3.11	0.00	0.00	0.00	5.050					
16	100		0.000	118172.1	1.920	0.000	83435	0.8	66368	1.20	0.00	3.920	4.322	0.568	1.136	15.350	
17	100		0.000	113950.8	1.863	0.000	85532	0.66	66731.4	2.20	0.00	4.723					
18	100		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
19	100		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	

Anexo 8. Parametros microbiologicos.

2.2 Helados a base de leche y postres a base de helados (con ingredientes no pasteurizados: coberturas, mani, mermeladas, frutas confitadas u otros)							
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Limite por g.		
					m	M	
Aerobios mesófilos	2	3	5	2	10 ⁴	10 ⁵	
Coliformes	5	3	5	2	10 ⁴	2 x 10 ⁵	
<i>Staphylococcus aureus</i>	8	3	5	1	10	10 ⁴	
<i>Salmonella</i> sp.	10	2	5	0	Ausencia/25 g	---	
<i>Listeria monocytogenes</i> en 25 g.	10	2	5	0	Ausencia/25 g	---	

TABLE 3. EDIBLE ICES, INCLUDING SHERBET AND SORBET

FOOD DESCRIPTION	TEST/MICROORGANISM	n	c	m	M
Reference Criteria					
Ice Cream & Sherbet (plain and flavored)	¹ Coliforms, cfu/g	5	1	10	10 ⁴
	<i>Listeria monocytogenes</i> /25g	5	0	0	
	<i>Salmonella</i> /25g	5	0	0	
	SPC/APC, cfu/g	5	2	10 ⁴	5x10 ⁴
	<i>S. aureus</i> (coagulase +), cfu/g	5	1	10	10 ²
Ice Cream with added ingredients (nuts, fruits, cocoa etc.)	¹ Coliforms, cfu/g	5	2	10	10 ⁴
	<i>S. aureus</i> (coagulase +), cfu/g	5	1	10	10 ²
	<i>Salmonella</i> /25g	5	0	0	
	SPC/APC, cfu/g	5	2	5x10 ⁴	2x10 ⁵
	<i>Listeria monocytogenes</i> /25g	5	0	0	
Flavored Ice (e.g. Ice candy)	SPC/APC, cfu/g	5	2	10 ⁴	10 ⁴
	Coliforms, MPN/g	5	0	3.0	
	YMC, cfu/g	5	0	10 ²	
	<i>Salmonella</i> /25g	5	0	0	

¹ Coliforme must be negative for *E. coli*