

**Efecto de lactasa, azúcar y leche descremada  
en polvo en las propiedades físico-químicas y  
sensoriales de helado deslactosado de vainilla**

**Jorge Luis Calvo Cabezas  
Alejandro Daniel Calvopiña Arias**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano  
Honduras  
Noviembre, 2016**

ZAMORANO  
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

# **Efecto de lactasa, azúcar y leche descremada en polvo en las propiedades físico-químicas y sensoriales de helado deslactosado de vainilla**

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

Presentado por

**Jorge Luis Calvo Cabezas**  
**Alejandro Daniel Calvopiña Arias**

**Zamorano, Honduras**  
Noviembre, 2016

## **Efecto de lactasa, azúcar y leche descremada en polvo en las propiedades físico-químicas y sensoriales de helado deslactosado de vainilla**

**Jorge Luis Calvo Cabezas  
Alejandro Daniel Calvopiña Arias**

**Resumen:** El helado por definición es una mezcla homogénea y pasteurizada de ingredientes que al alcanzar temperaturas de congelación cambia a estado sólido o semisólido. Este estudio evaluó el efecto del azúcar, lactasa y leche descremada en polvo en las propiedades físicas, químicas y sensoriales del helado deslactosado sabor a vainilla. Se empleó un diseño de Bloques Completos al Azar con arreglo factorial ( $2 \times 2 \times 2$ ), con dos niveles de azúcar (8 y 10%), dos niveles de enzima (1.5 y 2.0 ml/L de mezcla) y dos niveles de leche en polvo (4.2 y 6.7%); más un control, con medidas repetidas en el tiempo (0 y 30 días) y tres repeticiones. Se realizó un perfil de azúcares a las mezclas usando cromatografía líquida de alto desempeño para determinar la hidrólisis de la lactosa. Se determinaron color, tasa de derretimiento, textura, sobreabundancia y coliformes totales en el helado; además viscosidad y pH en las mezclas. Se eligieron los dos mejores tratamientos basados en sobreabundancia y textura. El análisis sensorial de preferencia evaluó la aceptación en apariencia, textura, aroma, dulzura y sabor en una escala hedónica de 1 a 9. Los panelistas no encontraron diferencias entre los mejores tratamientos y el control ( $P > 0.05$ ). El sobreabundancia fue menor al 80% para los tratamientos que contenían enzima lactasa. Se registró mayor dureza y menor tasa de goteo en los helados con menor sobreabundancia ( $P < 0.05$ ). Se realizó un análisis de costos resultando en un incremento de L. 5.08 por litro por el uso de lactasa.

**Palabras clave:** Lactointolerancia, derretimiento, sobreabundancia.

**Abstract:** Ice cream by definition is a homogenous and pasteurized mix that reaches freezing temperatures and changes to solid state. This study evaluated the effect of sugar, lactase and skim milk powder in physical, chemical and sensorial properties of delactosed vanilla ice cream. A Randomized Complete Block with factorial arrangement ( $2 \times 2 \times 2$ ), with two sugar levels (8 and 10%) two enzyme levels (1.5 y 2.0 ml/L of mix) and two skim milk powder levels (4.2 y 6.7%) in two repeated measures in time, 0 and 30 days analyzed by using three replicates. It was performed a sugar profile using (HPLC) in order to determine hydrolysis of lactose. Color, melting, texture, overrun and total coliforms were evaluated on ice cream, furthermore viscosity and pH on the ice cream mix. The best treatments were chosen based on overrun, texture and melting rate, which are indicators of good quality on ice cream. An acceptance sensory test was performed to evaluate appearance, texture, aroma, sweetness and general acceptance with a hedonic scale of 1 to 9. Non trained panelist could not find any difference between treatments and the control ( $P > 0.05$ ). The overrun was less than 80% for treatments with lactase content. The hardest ice cream and the less melting point showed by treatments with the lowest overrun ( $P < 0.05$ ). An analysis of variable costs was done resulting in an increase of L. 5.08 per liter for the use of lactase.

**Key words:** Lactointolerance, melting point, overrun.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos.....	v
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>3</b>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>7</b>
<b>4. CONCLUSIONES .....</b>	<b>17</b>
<b>5. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>18</b>
<b>6. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>19</b>
<b>7. ANEXOS.....</b>	<b>21</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Formulación mezcla de helado para pruebas preliminares.....	3
2. Descripción de tratamientos. ....	4
3. Perfil de azúcares leche y leche descremada en polvo. ....	7
4. Análisis de azúcares por HPLC en mezclas de helado.....	8
5. Análisis de pH en mezclas de helado deslactosado.....	8
6. Análisis viscosidad mezclas de helado.....	9
7. Análisis índice de blancura en el tiempo.....	10
8. Análisis de dureza helado en el tiempo.....	11
9. Análisis de sobreamiento.....	12
10. Análisis de tasa de goteo en el tiempo.....	13
11. Resumen de la significancia estadística de dureza, índice de blancura y tasa de goteo del helado deslactosado con sabor a vainilla y sus interacciones.....	14
12. Correlación de variables físicas.....	14
13. Análisis sensorial de aceptación.....	15
14. Análisis de costos variables de mezclas para helado.....	16

Figuras	Página
1. Flujo de proceso para la elaboración de helado deslactosado.....	6
2. Análisis de preferencia por ordenamiento.....	16

Anexos	Página
1. Correlación de análisis físicos.....	21
2. Resumen de la significancia estadística en el análisis sensorial del helado deslactosado sabor a vainilla y de sus interacciones.....	21
3. Hoja de evaluación sensorial para el análisis de aceptación.....	22
4. Ficha técnica enzima lactasa.....	23

# 1. INTRODUCCIÓN

El helado por definición es una mezcla homogénea y pasteurizada de ingredientes que es llevada a temperaturas de congelación hasta alcanzar el estado sólido o semisólido para su consumo (Madrid 2003). La estructura del helado es considerada un sistema físico-químico debido a sus fases líquida, sólida y gaseosa. En su fase líquida continua llena de cristales de hielo; también se encuentran glóbulos de grasa solidificados, proteínas, estabilizadores y azúcares (Keating 1999).

Un helado de buena calidad contiene 12% grasa, 11% extracto seco, 15% azúcar, 0.2% estabilizante y 0.2% de emulsionante (Potter 1999). Según Codex Alimentarius, los helados comestibles contienen al menos 8% de grasa de leche y al menos 30% de extracto seco total. Se considera al mercado de los helados muy dinámico es por ello que existe una demanda de productos nuevos y originales, así por ejemplo bajo contenido graso, sin azúcar, premium y superpremium.

Según el análisis de Carmona (2013), existen mercados emergentes en Latinoamérica, dos ejemplos son: los de productos para diabéticos y los destinados a intolerantes a la lactosa. En México por ejemplo, los productos libres de lactosa fueron los de mayor impacto en años previos. Las ventas en este país en 2012 fueron cercanas a 888 millones de dólares y se estimó un crecimiento exponencial de esta cifra en años posteriores.

Los hidratos de carbono o azúcares son considerados fuente de energía y están compuestos de carbono, hidrógeno y oxígeno. En los helados son responsables de varias características deseadas entre ellas destacan: proveer el sabor dulce y aumentar la proporción de sólidos lo que permite que su punto de congelación sea menor (Madrid 2003).

La lactosa es un disacárido que resulta de la unión de dos monosacáridos D - glucosa y D -galactosa, es el único carbohidrato presente en la leche de vaca aproximadamente con una concentración de 4.5 a 4.8%. Es una fuente de carbohidratos para mamíferos. La energía que se puede aprovechar de la lactosa es gracias a su hidrólisis en los monosacáridos que la constituyen (Fennema *et al.* 2010). El disacárido se digiere en el intestino delgado por la enzima hidrolítica lactasa  $\beta$ - galactosidasa, presente en las células epiteliales, únicamente los monosacáridos son absorbidos en el intestino. Si existe una hidrólisis parcial de la lactosa, acontece un síndrome clínico conocido como intolerancia a la lactosa (Insel 2013).

La obtención de galactosa y glucosa a partir de la hidrólisis de la lactosa es muy importante para la industria alimentaria. Al someter la lactosa a este proceso se modifican características de solubilidad, poder reductor, dulzor y fermentabilidad. Pero el factor más

importante es la digestibilidad para las personas con lactointolerancia (Schlimme *et al.* 2002).

En la actualidad la planta de lácteos de Zamorano ofrece helados de seis sabores representando utilidades significativas, por lo que se propone una nueva alternativa, helado deslactosado con sabor a vainilla para abastecer nuevos nichos de mercado representando una opción para personas lactointolerantes.

Este documento presenta una nueva opción para la innovación de productos para la planta de lácteos Zamorano. Esta investigación se basa en los siguientes objetivos:

- Determinar el porcentaje de hidrólisis de lactosa en las mezclas de helado deslactosado con sabor a vainilla.
- Evaluar el efecto del azúcar, lactasa y leche descremada en polvo en las propiedades físicas, químicas y sensoriales del helado deslactosado con sabor a vainilla.
- Determinar la aceptación y preferencia del helado deslactosado con sabor vainilla mediante un análisis sensorial.
- Determinar los costos variables en la producción de helado deslactosado con sabor a vainilla.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización.** Esta investigación se llevó a cabo en la planta de Lácteos, Laboratorio de Análisis de Alimentos y el Laboratorio de Análisis sensorial de Alimentos de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicada en el Km 32 al este de Tegucigalpa, departamento de Francisco Morazán, Honduras, C.A.

**Pruebas preliminares.** Se realizaron pruebas preliminares con la formulación común para mezcla de helado utilizada en la planta de Lácteos de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano (Cuadro 1).

Cuadro 1. Formulación mezcla de helado para pruebas preliminares.

<b>Ingredientes</b>	<b>Cantidad (%)</b>
Leche estandarizada al 18% de grasa	80.5
Azúcar	15.0
Leche descremada en polvo	4.2
Estabilizador para helado	0.3
Enzima	1.5 o 2.0 ml /L

**Diseño experimental.** Una vez obtenidos los resultados de las pruebas preliminares se determinó utilizar diferente concentración de leche descremada en polvo y azúcar (Cuadro 2). Adicional cada tratamiento recibía dos concentraciones de enzima lactasa 1.5 o 2 ml/L de mezcla.

Se utilizó un diseño de Bloques Completo al azar, con arreglo factorial 2x2x2 y medidas repetidas en el tiempo a los 0 y 30 días. Los datos se analizaron en el programa estadístico “Statistical Analysis System” (SAS versión 9.4®). Se realizó un análisis de varianza ANDEVA, separación de medias ajustadas (LSMeans) y una separación de medias usando la prueba Duncan.

Cuadro 2. Descripción de tratamientos.

Tratamientos		
Azúcar (%)	Leche descremada en polvo (%)	Lactasa (ml/L)
10.0	4.2	1.5
8.0		
10.0	6.7	
8.0		
10.0	4.2	2.0
8.0		
10.0	6.7	
8.0		

**Perfil de azúcares AOAC 982.14.** Se realizó el perfil de azúcares a las mezclas de helado deslactosado con las concentraciones de 1.5 y 2.0 ml de enzima lactasa utilizando Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC). Se utilizó el Cromatógrafo Líquido de Alta Resolución Agilent Technologies con una bomba cuaternaria G1311A.1100 Series, más un inyector automático modelo G1329A. 1100 Series y un detector de índice de refracción G1362A 100 Series.

Para la segregación de azúcares se utilizó un guarda columna Hi Plex 7.7 × 50 mm, una columna Hi Plex Ca 300 × 7.7 mm 8 μm a 85°C. En la fase móvil se utilizó agua desionizada. La velocidad del flujo fue de 0.6 ml/min, con un tiempo de corrida de 20 min y un volumen de inyección de 20 μL. El análisis de datos se efectuó con el software Agilent Chemstation Software 2003 para sistemas de cromatografía y Microsoft Excel® 2010.

El grado de hidrólisis es el porcentaje de lactosa convertido en glucosa y galactosa y es determinada mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Grado de hidrólisis (\%)} = \frac{\text{Glucosa} + \text{Galactosa}}{\text{Lactosa}} \times 100 \quad [1]$$

Madrid (2003)

**Análisis de viscosidad.** Se midió la viscosidad de las mezclas de helado en el día 0 utilizando el reómetro Brookfield LVDV-III ULTRA utilizando el spindle 2 y 20 rpm (Hansen 2012).

**Análisis de Color.** Se analizó el color de los tratamientos en los días 0 y 30, utilizando el Colorflex Hunter Lab Modelo 45/0 se obtuvieron los valores L\*, a\*, b\* de la escala de

trile estímulo.  $L^*$  representa la claridad,  $a^*$  y  $b^*$  corresponde a los espectros de coloración verde-rojo y azul amarillo respectivamente.

Con los valores  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  se calculó el índice de blancura mediante la siguiente fórmula.

$$IB = L - 3b + 3a \quad [2]$$

**Análisis de textura.** Se realizó un análisis de textura con el medidor de Textura Brookfield CT3, se calibro una velocidad constante de 1mm/s para determinar la dureza en Newton necesaria para penetrar la matriz del helado. Para esto se utilizó un acople cónico de compresión de 32mm de diámetro, las muestras fueron expuestas luego de pasar del cuarto de congelación (-10°C) al freezer (2- 4°C) de LAAZ permaneciendo ahí por 2 horas previo a la medición de dureza.

**Análisis de sobreamiento.** Un índice muy común en heladería es el de aireación ya que indica la cantidad de aire que se ha incorporado a la mezcla en porcentaje respecto a su volumen. La fórmula que se utilizó fue:

$$\text{Índice aireación} = \frac{\text{Volumen de helado} - \text{volumen de mezcla}}{\text{volumen de mezcla}} \times 100 \quad [3]$$

**Análisis de coliformes totales.** Se realizó el conteo de coliformes totales al día cero de su elaboración. Se utilizó agar bilis rojo violeta (VRBA) y agua peptonada de Biomark™ Laboratories. Se realizó una dilución en una bolsa estéril con 25 g de agua peptonada y se agregó 5 g de helado. Se homogenizó con un Stomacher Seward (Tekmar Lab Blender) utilizando la técnica de vertido en placa colocando 1ml de la dilución en cada plato Petri. Para cada tratamiento se sembró por duplicado y fueron incubados por 24 horas a 37 °C.

**Análisis de derretimiento.** Se pesaron 100 g de helado y se colocó la muestra sobre una malla metálica y un recipiente colector debajo sobre una balanza y se registraron dos tiempos: el de iniciación, que es el tiempo que se tardó en recolectar 4% de muestra y el final cuando ya se derritió la muestra por completo.

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 puede calcular mediante al siguiente fórmula.

$$TdG = \frac{\text{Peso recolectado al tiempo final} - \text{peso recolectado al tiempo iniciación}}{\text{tiempo final} - \text{tiempo iniciación.}} \quad [4]$$

**Análisis sensorial de atributos por aceptación.** Se realizó el análisis sensorial al día 1 de elaboración de helado de los dos mejores tratamientos y control. Se dirigió a 50 panelistas lactointolerantes, no entrenados que asistieron a la décimo segunda fiesta panamericana y 100 estudiantes en la Escuela Agrícola Panamericana provenientes de diferentes países de Latinoamérica. Se presentaron tres muestras de helado para cada

panelista pidiendo que evaluaran los atributos de apariencia, textura, aroma, dulzura, sabor y aceptación general en una escala hedónica de 1 a 9, siendo 1 me disgusta extremadamente, 5 ni me gusta ni me disgusta y 9 me gusta extremadamente. El total de participantes en el análisis fueron 150.

**Análisis de costos variables.** Se realizó un análisis de costos variables de producción de los tratamientos en función de los ingredientes utilizados para su elaboración.

**Proceso de elaboración del helado deslactosado** (Figura 1). La elaboración de helado se llevó a cabo en la planta de procesamiento de lácteos de la escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Se inició pesando los ingredientes según la formulación (Cuadro 1). Se estandarizó la leche al 18% de grasa para continuar con el precalentamiento de la leche y los ingredientes a 43 °C por 15 minutos. A continuación inició la pasteurización a 85 °C por 30 minutos.

Posteriormente se agregó enzima lactasa 1.5 o 2.0 ml por litro de mezcla y se maduró por 24 horas a 5 °C. Se realizó el proceso de agitación para obtener sobreamiento y congelación de la mezcla en la congeladora por tandas para helados (Emery Thompson), la mezcla permaneció por 11 minutos hasta obtener un sobreamiento entre 50 y 70%. Finalmente se envasó y se almacenó en cuarto de congelación (-18°C)

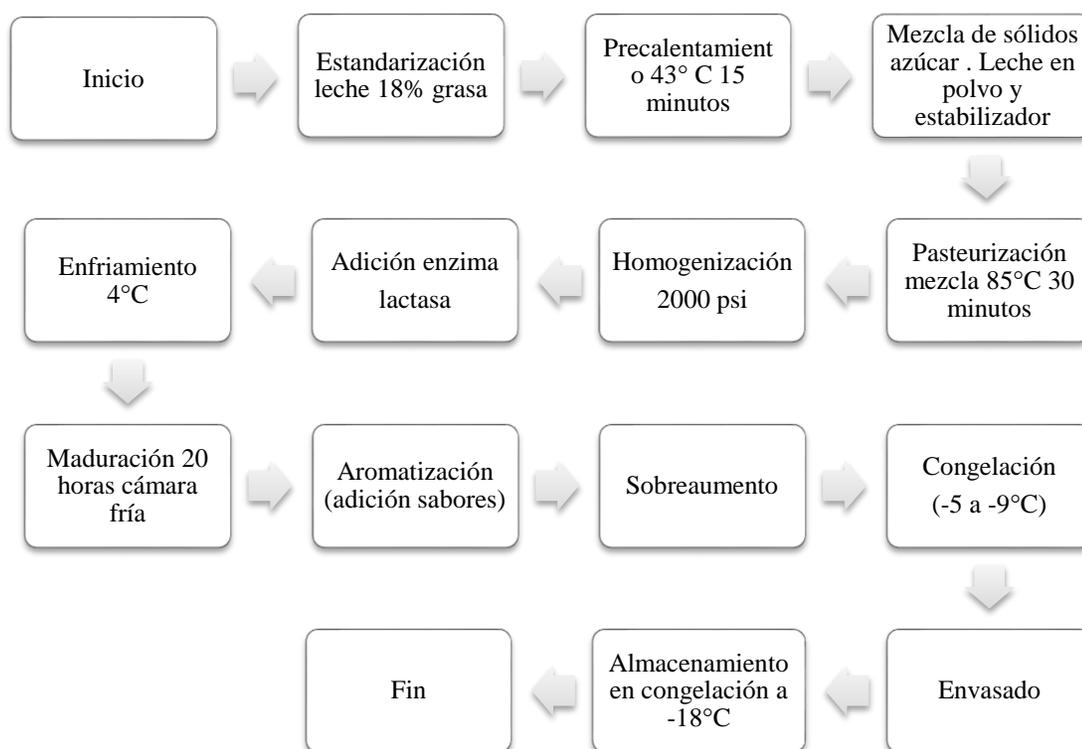


Figura 1. Flujo de proceso para la elaboración de helado deslactosado.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Análisis de azúcares.** El Cuadro 3 indica el porcentaje de lactosa presente en la leche y leche descremada en polvo utilizados en la formulación del helado deslactosado sabor a vainilla, los resultados fueron similares a lo determinado por Schlimme *et al.* (2002), que indica que el rango de variación natural de la lactosa en leche de vaca es de 4 a 5.2%. En el caso de la leche descremada en polvo existe una mayor proporción de lactosa igual a 51%, resultados comparables a lo reportado por Walstra *et al.* (2001) en su tabla de composición aproximada de productos en polvo.

Cuadro 3. Perfil de azúcares leche y leche descremada en polvo.

Muestra	Porcentaje (%)			Azúcares Totales	DE <sup>φ</sup>	CV <sup>1</sup> (%)
	Glucosa	Galactosa	Lactosa			
Leche 2% grasa	0.000	0.019	4.390	4.430	0.135	1.066
LDEP <sup>o</sup>	12.160	0.000	50.490	62.650	2.424	2.934

DE<sup>φ</sup> Desviación estándar. CV<sup>1</sup> Coeficiente de variación. LDEP<sup>o</sup> Leche descremada en polvo.

Las mezclas de helado deslactosado tuvieron un porcentaje de hidrólisis superior al 95% (Cuadro 4). Según lo reportado por Madrid (2003), la adición de 1.5 a 2.2 ml/L de lactasa, se obtiene una hidrólisis igual o superior al 80% con tiempo de reacción de 24 horas y temperatura 5 °C, condiciones a las que se sometieron las mezclas de helado luego de ser homogenizadas. Resultados similares obtuvo Matak *et al.* (2003), quien empleó lactasa proveniente del hongo *Aspergillus oryzae*, obteniendo una hidrólisis de 82 a 98%, indicando que la acción de la enzima está relacionada directamente con la cantidad de mezcla para helado utilizada, además que la efectividad de la enzima es superior cuando se utiliza menor cantidad de mezcla.

Se encontró que las mezclas con menor cantidad de leche descremada en polvo obtuvieron un porcentaje de hidrólisis superior, esto se puede atribuir a la concentración de lactosa presente en la mezcla.

Cuadro 4. Análisis de azúcares por HPLC en mezclas de helado.

Tratamiento	Porcentaje (%)				CV <sup>4</sup> (%)	Hidrólisis lactosa (%)
	Glucosa	Galactosa	Lactosa inicial	Lactosa final		
1.5L <sup>1</sup> 8AZ <sup>2</sup> 4.2LP <sup>3</sup>	4.587	1.049	5.742	0.118	1.799	98.14
1.5L 8AZ 6.7LP	5.879	0.951	7.093	0.027	2.194	96.29
2.0L 8AZ 4.2LP	4.597	1.060	5.742	0.011	1.570	98.53
2.0L 8AZ 6.7LP	5.954	0.850	7.093	0.009	2.874	96.34

<sup>1</sup>Lactasa (ml). <sup>2</sup>Azúcar (%). <sup>3</sup> Leche descremada en Polvo (%). <sup>4</sup> Coeficiente de variación.

**Análisis de pH.** El rango de pH de las mezclas de helado oscila entre 6 a 6.5 (Cuadro 5), lo que favorece la acción de enzima lactasa en la hidrólisis de acuerdo a lo mencionado por la ficha técnica de la enzima CHR HANSEN. Madrid (2003), señala que el rango óptimo para que la enzima mantenga su actividad es 6.0 a 7.0.

Existió diferencia significativa entre tratamientos ( $P < 0.05$ ), las variaciones de pH se atribuyen a la desnaturalización de las proteínas inmunoglobulina, lactoferrina,  $\beta$ -lactoglobulina y  $\alpha$ -lactoalbumina (Law 2000). Se considera que el uso de una marmita para la pasteurización de las mezclas tuvo un impacto en estas variaciones, debido a que es complicado tener un preciso control de las temperaturas del proceso.

Cuadro 5. Análisis de pH en mezclas de helado deslactosado.

Tratamiento	Día 0	
	Media $\pm$ DE <sup>o</sup>	
1.5L <sup>1</sup> 8 AZ <sup>2</sup> 4.2LP <sup>3</sup>	6.64 $\pm$ 0.02	AB <sup>4</sup>
1.5L 8 AZ 6.7LP	6.36 $\pm$ 0.31	B
1.5L 10 AZ 4.2LP	6.62 $\pm$ 0.05	A
1.5L 10 AZ 6.7LP	6.52 $\pm$ 0.08	AB
2.0L 8AZ 4.2LP	6.56 $\pm$ 0.03	AB
2.0L 8AZ 6.7LP	6.46 $\pm$ 0.06	AB
2.0L 10AZ 4.2LP	6.53 $\pm$ 0.11	AB
2.0L 10AZ 6.7LP	6.43 $\pm$ 0.11	AB
CV <sup>5</sup> (%)	1.89	

DE<sup>o</sup> Desviación estándar. <sup>1</sup>Lactasa (ml). <sup>2</sup>Azúcar (%). <sup>3</sup> Leche descrema polvo (%). <sup>4</sup>Medias con diferentes letras mayúsculas (A-B) en misma columna indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

<sup>5</sup> Coeficiente de variación.

**Análisis de viscosidad.** Los valores de viscosidad de las mezclas de helado (Cuadro 6), mostraron diferencia significativa entre tratamientos ( $P < 0.05$ ). El control 0L 15AZ 4.2LP con 0.17 Pa s<sup>-1</sup> concuerda con lo indicado por Goff (2013), que menciona que una mezcla

de helado común posee de 0.05 a 0.3 Pa s<sup>-1</sup>. El resto de los tratamientos oscila entre 0.3 a 0.5 Pa s<sup>-1</sup> que es el rango de viscosidad de una mezcla de helado en la industria (Hansen 2012).

Tres mezclas de helado deslactosado presentaron valores superiores a 0.8 Pa s<sup>-1</sup>, se puede atribuir este incremento en viscosidad a la proporción de leche en polvo presente en la mezcla y al tiempo de maduración en donde ocurre la rehidratación completa de los ingredientes en polvo (Early 2000). Debido a la hidrólisis del disacárido en las mezclas de helado deslactosado los monosacáridos glucosa y galactosa presentes tienden a polimerizar lo que resultó en un considerable aumento de la viscosidad (Muse 2004).

Cuadro 6. Análisis viscosidad mezclas de helado.

Tratamiento	Día 0	
	Media Pa s <sup>-1</sup> ± DE <sup>φ</sup>	
0L <sup>1</sup> 15 AZ <sup>2</sup> 4.2LP <sup>3</sup>	0.17 ± 0.02	E <sup>4</sup>
1.5L 8 AZ 4.2LP	0.65 ± 0.05	BC
1.5L 8 AZ 6.7LP	0.51 ± 0.06	CD
1.5L 10 AZ 4.2LP	0.82 ± 0.03	AB
1.5L 10 AZ 6.7LP	0.97 ± 0.24	A
2.0L 8AZ 4.2LP	0.24 ± 0.19	D
2.0L 8AZ 6.7LP	0.47 ± 0.21	CD
2.0L 10AZ 4.2LP	1.07 ± 0.26	A
2.0L 10AZ 6.7LP	0.31 ± 0.01	DE
CV <sup>5</sup> (%)	0.03	

DE<sup>φ</sup> Desviación estándar. <sup>1</sup>Lactasa (ml). <sup>2</sup>Azúcar (%). <sup>3</sup> Leche descremada en polvo (%). <sup>4</sup>Medias con diferentes letras mayúsculas en misma columna indican diferencias significativas (P < 0.05).

<sup>5</sup> Coeficiente de variación.

**Análisis de color.** El índice de blancura no presentó diferencia significativa entre tratamientos en el día 0 (P>0.05), con excepción de los tratamientos 2.0L 8AZ 4.2LP y 2.0L 8AZ 6.7LP (Cuadro 7). Comparable con lo obtenido por Guzeler *et al.* (2011), que no encontró diferencia significativa al usar distintos edulcorantes como povidextrasas y maltodextrinas. En el día 0 y en el día 30 se observó diferencia significativa (P<0.05) entre los tratamientos con mayor contenido de lactasa, los niveles de enzima influenciaron en el cambio de color entre tratamientos. Se registró menor índice de blancura conforme pasan los días 0 al 30, sin embargo no existió diferencia significativa (P>0.05) del color a través del tiempo.

Cuadro 7. Análisis índice de blancura en el tiempo.

Tratamiento	Día 0			Día 30		
	Media (IB) ± DE <sup>φ</sup>			Media(IB) ± DE <sup>φ</sup>		
0L <sup>1</sup> 15 AZ <sup>2</sup> 4.2LP <sup>3</sup>	50.88 ± 5.34	A X	45.35 ± 3.81	A X		
1.5L 8 AZ 4.2LP	48.60 ± 6.44	A X	44.37 ± 4.74	A X		
1.5L 8 AZ 6.7LP	46.45 ± 7.94	A X	44.02 ± 5.61	A X		
1.5L 10 AZ 4.2LP	45.61 ± 10.71	A X	43.39 ± 3.83	A X		
1.5L 10 AZ 6.7LP	48.31 ± 6.44	A X	47.76 ± 7.33	A X		
2.0L 8AZ 4.2LP	43.40 ± 7.84	B X	37.88 ± 3.27	B X		
2.0L 8AZ 6.7LP	42.53 ± 7.59	B X	41.34 ± 7.06	B X		
2.0L 10AZ 4.2LP	47.78 ± 2.82	A X	40.12 ± 7.22	A X		
2.0L 10AZ 6.7LP	45.56 ± 7.70	A X	42.26 ± 4.86	B X		
CV <sup>6</sup> (%)	12.70		13.30			

DE<sup>φ</sup> Desviación estándar. <sup>1</sup>Lactasa (ml).<sup>2</sup>Azúcar (%). <sup>3</sup> Leche descremada en Polvo (%). <sup>4</sup>Medias con diferentes letras mayúsculas (A-D)<sup>4</sup> en misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos. (P < 0.05). Medidas con diferentes letras mayúscula s en la misma fila (X-Z)<sup>5</sup> indican diferencias significativas en el tiempo.<sup>6</sup> Coeficiente de variación

**Análisis de Textura.** En términos de dureza se encontró diferencia significativa entre tratamientos (P<0.05) al igual que en los tratamientos a través del tiempo (0 y 30 días). Los valores de dureza están expresados en Newton, la menor dureza fue del control lo que concuerda con Wilbey *et al.* (1998), que indicaron que la dureza se ve afectada por el sobreabundamiento, aquellos helados con mayor sobreabundamiento serán más suaves. Lo contrario ocurre con los dos tratamientos seleccionados como los mejores, al tener un menor porcentaje de sobreabundamiento poseen mayor dureza (Cuadro 8 y 9).

Aquellos tratamientos a los que se agregaron 2 ml/ L de enzima lactasa presentaron menor dureza el día 30 esto se debe al contenido de azúcares que influyen en la textura cremosa del helado haciéndolo más suave (Stampanoni *et al.* 1996). Además de aportar sabor el contenido de azúcar tuvo un efecto significativo en las propiedades estructurales que afectan la textura. Otro factor determinante en la textura del helado fue la viscosidad, aquellas mezclas con mayor viscosidad mostraron menor variación de dureza a través del tiempo.

Un helado de excelente calidad es más firme y denso que aquellos que se consideran regulares, esto debido principalmente al bajo sobreabundamiento que es común en este tipo de helados; la firmeza es otro factor que se relaciona directamente con las condiciones de almacenamiento del helado (Thompson *et al.* 2009).

Cuadro 8. Análisis de dureza helado en el tiempo.

Tratamiento	Día 0		Día 30	
	Media (N) ± DE <sup>φ</sup>		Media (N) ± DE <sup>φ</sup>	
0L <sup>1</sup> 15 AZ <sup>2</sup> 4.2LP <sup>3</sup>	15.92 ± 0.94	A <sup>4</sup> X <sup>5</sup>	21.74 ± 0.17	AD Y
1.5L 8 AZ 4.2LP	26.90 ± 1.24	B X	15.94 ± 1.16	BD Y
1.5L 8 AZ 6.7LP	24.70 ± 0.89	B X	25.14 ± 2.73	AC X
1.5L 10 AZ 4.2LP	19.57 ± 2.26	A X	23.38 ± 3.97	AC X
1.5L 10 AZ 6.7LP	17.13 ± 5.79	A X	14.70 ± 0.79	B X
2.0L 8AZ 4.2LP	32.06 ± 3.50	C X	23.85 ± 3.39	AC Y
2.0L 8AZ 6.7LP	19.93 ± 0.79	A X	13.61 ± 0.99	B Y
2.0L 10AZ 4.2LP	24.64 ± 2.38	B X	25.89 ± 1.20	C X
2.0L 10AZ 6.7LP	24.30 ± 1.95	B X	18.88 ± 2.53	D Y
CV <sup>6</sup> (%)	11.36		11.30	

DE<sup>φ</sup> Desviación estándar. <sup>1</sup>Lactasa (ml). <sup>2</sup>Azúcar (%). <sup>3</sup> Leche descremada en Polvo (%). <sup>4</sup>Medias con diferentes letras mayúsculas (A-D)<sup>4</sup> en misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos. (P < 0.05). Medias con diferentes letras mayúsculas en la misma fila (X-Z)<sup>5</sup> indican diferencias significativas en el tiempo. <sup>6</sup> Coeficiente de variación.

**Análisis de sobreamiento.** Para la incorporación de aire en el helado se deben tomar en cuenta factores como la proporción de grasa y la homogenización de la mezcla que facilitan el sobreamiento porque los glóbulos de grasa de menor tamaño son más fáciles de batir. En este caso se observó diferencia significativa entre tratamientos (P<0.05) el rango establecido para helados de crema es 60 y 90% (Madrid 2003).

Se observó que el mayor sobreamiento ocurrió en el control con 80% y el resto de los tratamientos oscilaron entre 62 y 75% debido a la menor proporción de azúcar sacarosa, acorde con lo mencionado por Muse (2004), que indica que cuando hay mayor estabilidad de la grasa y como resultado mayor complejidad en incorporación de aire, las burbujas de aire serán de menor tamaño.

Además se observó que a causa de la adición de enzima lactasa en los tratamientos hay mayor presencia de monosacáridos glucosa y galactosa aumentando el contenido de sólidos en el helado lo que repercute en un descenso del punto de congelación (Madrid 2003).

Se seleccionaron como mejores tratamientos aquellos que presentaron menor sobreamiento y 8% de azúcar en su formulación 1.5L 8AZ 4.2LP y 2.0L 8AZ 4.2LP. El porcentaje de aireación y el contenido de grasa repercuten en la calidad del helado por la formación y tamaño de cristales para ser catalogado como premium (40 - 70%) y superpremium (<22%) de sobreamiento (International Dairy Food Association).

Cuadro 9. Análisis de sobreamiento.

Tratamiento	Día 0		
	Media(%) ± DE <sup>φ</sup>		
0L <sup>1</sup> 15 AZ <sup>2</sup> 4.2LP <sup>3</sup>	78.85 ± 1.86	A <sup>4</sup>	
1.5L 8 AZ 4.2LP	65.65 ± 3.91	BC	
1.5L 8 AZ 6.7LP	66.08 ± 1.54	B	
1.5L 10 AZ 4.2LP	67.46 ± 2.09	AB	
1.5L 10 AZ 6.7LP	72.44 ± 8.32	A	
2.0L 8AZ 4.2LP	68.57 ± 3.98	AB	
2.0L 8AZ 6.7LP	73.04 ± 3.30	A	
2.0L 10AZ 4.2LP	62.57 ± 1.55	BC	
2.0L 10AZ 6.7LP	75.37 ± 1.93	A	
CV <sup>5</sup> (%)	5.29		

DE<sup>φ</sup> Desviación estándar. <sup>1</sup>Lactasa (ml). <sup>2</sup>Azúcar (%). <sup>3</sup> Leche descremada polvo (%). <sup>4</sup>Medias con diferentes letras mayúsculas en misma columna indican diferencias significativas (P < 0.05). <sup>5</sup> Coeficiente de variación.

**Análisis microbiológico.** El conteo de coliformes totales realizado en los tratamientos estuvieron por debajo del límite permisible basados en el Servicio Nacional de Seguridad Agropecuaria (SENASA), acorde al Reglamento para la inspección y certificación sanitaria de la leche y productos lácteos capítulo IV artículo 9, el límite para helados es 100 UFC/g; siendo un indicador de buenas prácticas de manufactura y ausencia de riesgo para la salud de los futuros consumidores.

**Análisis de derretimiento.** La menor tasa de goteo corresponde al control, el mismo que presenta el mayor sobreamiento de todos los tratamientos (Cuadro 9 y10) resultando similar a lo mencionado por Sofjan (2004), que indica que un elevado sobreamiento resulta en menor difusión térmica y un efecto de aislamiento entonces el derretimiento será más lento.

Existe diferencia significativa (P<0.05) entre tratamientos sin embargo, se observa que los dos mejores tratamientos elegidos 1.5L8AZ4.2LP y 2.0L8AZ4.2LP son similares al control a pesar de tener un menor sobreamiento se puede atribuir su menor tasa de goteo a lo mencionado por Springer (2013), que determinó que dependiendo de la estabilidad de las burbujas de aire se conocerá si la masa se derretirá por completo o mantendrá la forma (más lento) aún después de que se haya derretido la muestra por completo.

La tasa de goteo fue afectada por los niveles de azúcar añadidos. La sacarosa disminuye el punto de congelación del helado en 0.1 °C por cada 1% de azúcar adicionado a la mezcla (Marshall *et al.* 2003). Es por esto que el tratamiento control 0L1 15AZ2 4.2LP3 que contiene más azúcar en su formulación presentó una tasa de goteo menor al resto de tratamientos en el día 0, es decir que tarda más tiempo en derretirse por la estabilidad

conferida por la sacarosa, sin embargo, en el día 30 podemos observar que no existe diferencia significativa entre tratamientos esto se puede atribuir a las condiciones de almacenamiento de los helados al permanecer más tiempo a la misma temperatura; la tasa de goteo fue similar para todos los tratamientos.

Cuadro 10. Análisis de tasa de goteo en el tiempo.

Tratamiento	Día 0		Día 30	
	Media(g/min) ± DE <sup>φ</sup>		Media(g/min) ± DE <sup>φ</sup>	
0L <sup>1</sup> 15 AZ <sup>2</sup> 4.2LP <sup>3</sup>	0.4200 ± 0.0265	A X	0.4700 ± 0.0291	A X
1.5L 8 AZ 4.2LP	0.4833 ± 0.0097	AD X	0.4476 ± 0.0197	A Y
1.5L 8 AZ 6.7LP	0.5363 ± 0.1070	B X	0.5127 ± 0.0982	A X
1.5L 10 AZ 4.2LP	0.5780 ± 0.0255	B X	0.5157 ± 0.0179	A X
1.5L 10 AZ 6.7LP	0.6830 ± 0.0590	C X	0.6330 ± 0.0161	B X
2.0L 8 AZ 4.2LP	0.4527 ± 0.0038	A X	0.4496 ± 0.0023	A X
2.0L 8 AZ 6.7LP	0.4790 ± 0.0219	A X	0.4344 ± 0.0487	A X
2.0L 10 AZ 4.2LP	0.4987 ± 0.0098	AB X	0.4458 ± 0.0313	A X
2.0L 10 AZ 6.7LP	0.5287 ± 0.0320	BD X	0.5013 ± 0.0153	A X
CV <sup>6</sup> (%)	8.13		8.80	

DE<sup>φ</sup> Desviación estándar. <sup>1</sup>Lactasa (ml).<sup>2</sup>Azúcar (%). <sup>3</sup> Leche descremada en Polvo (%). <sup>4</sup>Medias con diferentes letras mayúsculas (A-D)<sup>4</sup> en misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos. (P < 0.05). Medias con diferentes letras mayúsculas en la misma fila (X-Z)<sup>5</sup> indican diferencias significativas en el tiempo.<sup>6</sup> Coeficiente de variación.

El cuadro 11 muestra que los niveles de azúcar agregados afectaron la tasa de goteo (P<0.05) conforme aumenta la proporción de azúcar mayor es la resistencia al derretimiento, menor estabilidad de la grasa y mejor incorporación de aire. La proporción de leche descremada en polvo agregada tuvo impacto en la textura del helado (P<0.05), un mayor contenido de leche descremada en polvo resulta en una mejor interacción entre agua y proteínas las cuales actúan como estabilizante con un mejor efecto emulsificante en las grasas y como resultado hay mayor dureza en comparación a los tratamientos con menor cantidad de leche descremada en polvo.

Conforme pasan los días la dureza del helado aumenta debido a la reestructuración de cristales en almacenamiento, con excepción de los tratamientos que contenían mayor concentración de enzima lactasa, se observó menor dureza en el día 30 porque los monosacáridos presentes evitan la recristalización, proveyendo una textura maleable y suave (Early 2000).

Cuadro 11. Resumen de la significancia estadística de dureza, índice de blancura y tasa de goteo del helado deslactosado con sabor a vainilla y sus interacciones.

Variable	Dureza	Índice de blancura	Tasa de Goteo
	Pr>F	Pr>F	Pr>F
Lactasa	0.0816	0.3523	0.4702
Azúcar	0.1309	0.1731	<b>0.0002</b> <sup>a</sup>
LDP <sup>1</sup>	<b>0.0023</b> <sup>a</sup>	0.5668	<b>0.0049</b> <sup>a</sup>
Repetición	0.9476	0.3324	0.5782
Día	<b>0.0514</b> <sup>a</sup>	<b>0.0169</b> <sup>a</sup>	0.1141
Azúcar*LDP	0.7655	0.5778	0.2265
Azúcar*Lactasa	0.9952	0.0610	0.6976
LDP*Lactasa	0.6910	0.3532	0.3290
Azúcar*Día*Lactasa	<b>0.0101</b> <sup>a</sup>	0.8967	0.2455
Rep*Día	0.1504	0.1157	0.6401
LDP*Día	0.9710	0.3275	0.9544
Azúcar*LDP*Día	<b>0.0156</b>	0.9948	0.6452

<sup>1</sup>Leche descremada en polvo. <sup>a</sup>Significancia estadística (P<0.05)

**Análisis de correlación entre variables.** Existió diferencia significativa (P<0.05) y una correlación negativa entre la dureza y el sobreabundamiento (Cuadro 12), un helado con menor sobreabundamiento tiene mayor resistencia a la deformación. Los factores que influyen en la suavidad de un helado son mejor aireación, bajo punto de congelación y aumento temporal en la temperatura de almacenamiento (Lindamod *et al.* 1989). No existió correlación significativa entre dureza e índice de blancura, tasa de goteo, ni viscosidad en los tratamientos.

Cuadro 12. Correlación de variables físicas

Variables		Porcentaje (%)	Probabilidad
Dureza	Sobreabundamiento	0.38	0.045
Dureza	índice de blancura	0.04	0.829
Dureza	Tasa de goteo	0.33	0.093
Dureza	Viscosidad de la mezcla	0.27	0.175
Sobreabundamiento	Viscosidad de la mezcla	0.76	0.836

**Análisis sensorial de atributos por aceptación.** Según los resultados que muestra el análisis sensorial (Cuadro13) no hubo diferencia significativa (P>0.05) en los atributos dulzura, aroma, apariencia, textura, sabor y aceptación general entre los dos mejores tratamientos de helado a los que se agregó enzima lactasa y el control. Esto se atribuye a lo reportado por Walstra (2001), que indica que la mezcla de glucosa y galactosa que se

forma en la hidrólisis de la lactosa tiene un poder edulcorante mucho mayor que la del disacárido original.

Debido a que los mejores tratamientos tenían un porcentaje de azúcar inferior al control y que los panelistas no pudieron detectar diferencia en dulzura y sabor, estos resultados se complementan con lo obtenido por Zadow (1992), que determinó que la hidrólisis de lactosa en un 70% genera una dulzura comparable al de sacarosa.

Según Madrid (2003), si se considera como 1 el grado de dulce de la sacarosa (azúcar común), la lactosa posee 0.27 de grado de dulce, la glucosa tiene 0.53 y la galactosa es aún mayor por lo que mientras mayor sea el grado de hidrólisis de lactosa más cercano es el dulzor obtenido.

Cuadro 13. Análisis sensorial de aceptación.

Atributo	Tratamiento			Media ± DE <sup>o</sup>
<b>Apariencia</b>	1.5L	8 AZ	4.2LP	7.66 ± 1.33 A
	2.0L	8 AZ	4.2LP	7.55 ± 1.44 A
	0L <sup>1</sup>	15 AZ <sup>2</sup>	4.2LP <sup>3</sup>	7.43 ± 1.36 A
	CV <sup>5</sup> (%)			17.05
<b>Textura</b>	1.5L	8 AZ	4.2LP	7.49 ± 1.29 A
	2.0L	8 AZ	4.2LP	7.61 ± 1.29 A
	0L	15 AZ	4.2LP	7.33 ± 1.33 A
	CV (%)			16.54
<b>Aroma</b>	1.5L	8 AZ	4.2LP	7.21 ± 1.53 A
	2.0L	8 AZ	4.2LP	7.33 ± 1.54 A
	0L	15 AZ	4.2LP	7.10 ± 1.44 A
	CV (%)			19.26
<b>Dulzura</b>	1.5L	8 AZ	4.2LP	7.49 ± 1.44 A
	2.0L	8 AZ	4.2LP	7.65 ± 1.39 A
	0L	15AZ	4.2LP	7.47 ± 1.53 A
	CV (%)			18.19
<b>Sabor</b>	1.5L	8 AZ	4.2LP	7.54 ± 1.44 A
	2.0L	8 AZ	4.2LP	7.84 ± 1.25 A
	0L	15 AZ	4.2LP	7.62 ± 1.43 A
	CV (%)			17.08
<b>Aceptación General</b>	1.5L	8 AZ	4.2LP	7.68 ± 1.25 A
	2.0L	8 AZ	4.2LP	7.90 ± 1.16 A
	0L	15 AZ	4.2LP	7.71 ± 1.17 A
	CV (%)			14.25

DE<sup>o</sup> Desviación estándar. <sup>1</sup>Lactasa (ml). <sup>2</sup>Azúcar (%). <sup>3</sup> Leche descremada en Polvo (%). <sup>4</sup>Medias con diferentes letras mayúsculas (A-B) en misma columna indican diferencias significativas para cada atributo (P < 0.05). <sup>5</sup> Coeficiente de variación.

Al no encontrar diferencias significativas entre tratamientos, podemos observar en el análisis de preferencia por ordenamiento (Figura2), que el 44.67% de los panelistas escogieron al tratamiento 1.5L 8AZ 4.2LP como el mejor o #1, comparado con el control 0L 15 AZ 4.2LP 35.33% y 20% el tratamiento 2.0L 8AZ 4.2LP.

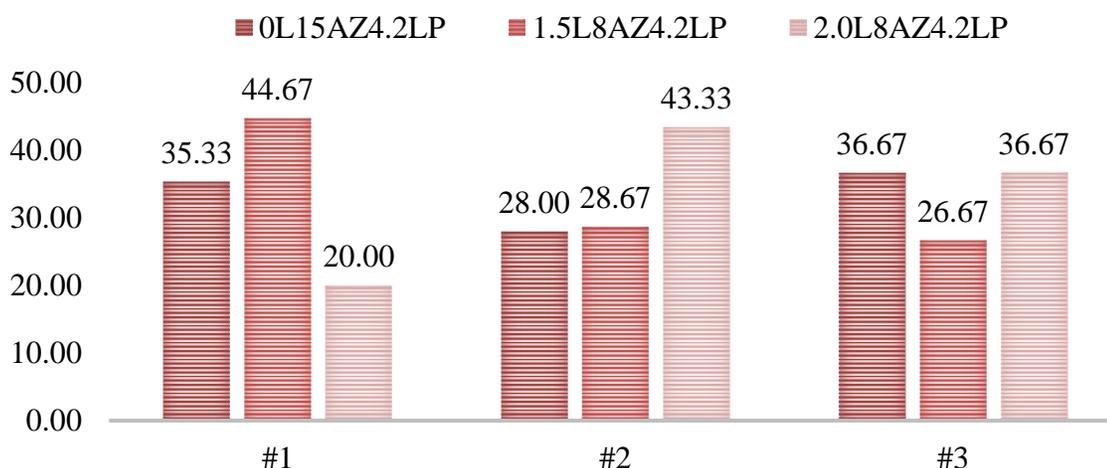


Figura 2. Análisis de preferencia por ordenamiento

**Análisis de costos.** El costo variable por litro para el mejor tratamiento (deslactosado) y el control son L. 17.80 y L. 12.72 respectivamente (Cuadro 14) resultando en un incremento en costos por la adición de la enzima lactasa Ha- lactase.

Cuadro 14. Análisis de costos variables de mezclas para helado.

Descripción	Costo Total	
	Control	Deslactosado
<b>Empaque</b>		
Envase	1.37	1.37
Tapa	0.57	0.57
<b>Materia prima</b>		
Leche estandarizada 18%	6.37	6.37
Leche descremada en polvo	0.05	0.05
Azúcar	0.42	0.23
Esencia de vainilla	0.42	0.42
Enzima Ha lactase	0.00	5.28
<b>Subtotal L.</b>	<b>9.20</b>	<b>14.28</b>
Total Costo Fijo	3.52	3.52
Total Costos Variables	9.20	14.28
<b>TOTAL L.</b>	<b>12.72</b>	<b>17.80</b>

#### **4. CONCLUSIONES**

- La dosificación 1.5 ml/L y 2.0 ml/L de enzima lactasa fue óptima para obtener hidrolisis superior al 80% en mezcla de helado.
- No existieron diferencias en los atributos sensoriales de sabor, apariencia, dulzor y aceptación general percibidos por parte de los panelistas entre el helado deslactosado sabor a vainilla y el helado sabor a vainilla de Zamorano.
- El incremento de costos variables de producción fue L. 5.08 por litro de mezcla de helado deslactosado con sabor a vainilla.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Ampliar el estudio para determinar la aceptación con distintos sabores de helado.
- Utilizar distintos porcentajes de grasa en la formulación de helado deslactosado y evaluar el impacto en sus características físicas y sensoriales.

## 6. LITERATURA CITADA

Arbuckle, W. 2013. Ice cream. Springer Science & Business Media. Editorial ilustrada. 483p.

Banegas C, Valera S. 2014. Efecto de dos tipos de queso en las características físico-químicas y sensoriales del helado de queso. Tesis Ing. Agroindustrial., Coranyi, Suany, Valle del Yeguaré, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. 23p.

Codex Alimentarius. Código de principios referentes a la leche y los productos lácteos. [internet]. [consultado 2016 agosto 19]: [www.codexalimentarius.org/input/download/report/587/cx66\\_9s.pdf](http://www.codexalimentarius.org/input/download/report/587/cx66_9s.pdf)

Canadian Food Inspection Agency. 2014. Labelling Requirements for Dairy Products. Common Name-Dairy Products. [internet]. [consultado 2016 septiembre 5]: <http://www.inspection.gc.ca/food/labelling/food-labelling-for-industry/dairy-products/eng/1393082289862/1393082368941?chap=3#s1c3>

Early, Ralph; Oria Almudí, Rosa Ma (2000): Tecnología de los productos lácteos. Zaragoza: Editorial Acribia.

Fennema, Owen R.; Damodaran, Srinivasan; Parkin, Kirk L.; Sanz Pérez, Bernabé (2010): Fennema Química de los alimentos. 3a. ed. Zaragoza: Acribia

Goff, H. Douglas; Hartel, Richard W. (2013): Ice cream. Seventh edition. New York: Springer.

Güzeler, N., Kaçar, A., & Say, D. (2011). Effect of Milk Powder, Maltodextrin and Polydextrose Use on Physical and Sensory Properties of Low Calorie Ice Cream during Storage. Academic Food Journal/Akademik GIDA.

Hansen, C. 2012. Stabilization of ice creams produced with a reduced level of saturated fat. Palsgaard Technical Paper. [internet]. [consultado 2016 junio 13]: <http://www.palsgaard.com/media/238438/stabilization%20of%20ice%20cream%20produced%20with%20reduced%20level%20of%20saturated%20fat.pdf>

Insel, Paul M. (2013): Nutrition. Myplate update. 4th ed. Burlington, MA: Jones & Bartlett Learning.

K. E. Matak; J. H. Wilson; S. E. Duncan; E. J. Wilson; C. R. Hackney; S. S. Sumner (2003): The influence of lactose hydrolysis on the strength and sensory characteristics of vanilla ice cream. In Transactions of the ASAE 46 (6), pp. 1589–1593. DOI: 10.13031/2013.15621.

Keating, Patrick Francis; Gaona Rodríguez, Homero (1999): Introducción a la lactología. 2a. ed. México: Limusa; Grupo Noriega editores.

Lindamood, J. B.; Grooms, D. J.; Hansen, P.M.T. (1989): Effect of hydrolysis of lactose and sucrose on firmness of ice cream. In *Food Hydrocolloids* 3 (5), pp. 379–388. DOI: 10.1016/S0268-005X(89)80012-8.

Madrid Vicente, Antonio; Cenzano del Castillo, Inmaculada (2003): *Helados. Elaboración, análisis y control de calidad*. Madrid: Antonio Madrid Vicente; Ediciones Mundi-Prensa.

Muse, M. R.; Hartel, R. W. (2004): Ice Cream Structural Elements that Affect Melting Rate and Hardness. In *Journal of Dairy Science* 87 (1), pp. 1–10. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(04)73135-5.

Potter, Norman N.; Hotchkiss, Joseph H. (1999): *Ciencia de los alimentos*. Zaragoza: Editorial Acribia.

Puebla, C. 2003. Whiteness Assesment. Axiphos GmbH. Germany. PDF. 63p.

Schlimme, Eckhard; Buchheim, Wolfgang; López Buesa, Pascual (2002): *La leche y sus componentes. Propiedades químicas y físicas*. Zaragoza: Acribia Editorial.

SENASA (Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria). 1994. Reglamento para la inspección y certificación sanitaria de la leche y los productos lácteos de la República de Honduras, Capítulo IV: de la leche y productos lácteos [internet]. [consultado 2016 agosto 18]:

<https://honduras.eregulations.org/media/Reglamento%20para%20la%20inspeccion%20y%20certificacion%20sanitaria%20de%20la%20leche%20y%20los%20productos%20lacteos.pdf>

Sofjan, Rosalina P.; Hartel, Richard W. (2004): Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream. In *International Dairy Journal* 14 (3), pp. 255–262. DOI: 10.1016/j.idairyj.2003.08.005.

Stampanoni Koeflerli, Chantal R.; Piccinali, Patrizia; Sigrist, Susanne (1996): The influence of fat, sugar and non-fat milk solids on selected taste, flavor and texture parameters of a vanilla ice-cream. In *Food Quality and Preference* 7 (2), pp. 69–79. DOI: 10.1016/0950-3293(95)00038-0.

Thompson, Kelly R.; Chambers, Delores H.; Chambers IV, Edgar (2009): Sensory characteristics of ice cream produced in the U.S.A. and Italy. In *Journal of Sensory Studies* 24 (3), pp. 396–414. DOI: 10.1111/j.1745-459X.2009.00217.x.

Walstra, Pieter; Oria Almudí, Rosa María (2001): *Ciencia de la leche y tecnología de los productos lácteos*. Zaragoza: Editorial Acribia.

Wilbey, R. A., Cooke, T., & Dimos, G. (1998). Effects of solute concentration, overrun and storage on the hardness of ice cream. In *Ice cream. IDF Symposium, Athens (Greece), 18-19 Sep 1997*. International Dairy Federation.

Zúñiga, G. sf. Intolerancia a la lactosa.[internet]. [consultado 2016 abril 16]: <http://www.bvs.hn/RMH/pdf/1995/pdf/Vol63-1-1995-6.pdf>

## 7. ANEXOS

**Anexo 1.** Correlación de análisis físicos

	<b>TDG</b>	<b>IB</b>	<b>DUR</b>	<b>pH</b>	<b>SBA</b>	<b>VISC</b>
<b>TDG<sup>1</sup></b>	1	-0.08105	-0.32889	-0.25009	-0.08400	0.26896
		0.6878	0.09390	0.20830	0.67700	0.17490
<b>IB<sup>2</sup></b>	-0.08105	1	-0.23900	0.16300	-0.04338	-0.04185
	0.68780		0.22990	0.41660	0.82990	0.83580
<b>DUR<sup>3</sup></b>	-0.32889	-0.23900	1	0.11160	<b>-0.38764</b>	0.04644
	0.09390	0.22990		0.57950	<b>0.0457<sup>a</sup></b>	0.81810
<b>pH</b>	-0.25009	0.16300	0.11160	1	-0.09485	-0.15732
	0.20830	0.41660	0.57950		0.63790	0.43320
<b>SBA<sup>4</sup></b>	-0.08400	-0.04338	<b>-0.38764</b>	-0.09485	1	<b>-0.76111</b>
	0.67700	0.82990	<b>0.0457<sup>a</sup></b>	0.63790		<b>&lt;0.0001<sup>a</sup></b>
<b>VISC<sup>5</sup></b>	0.26896	-0.04185	0.04644	-0.15732	<b>-0.76111</b>	1
	0.17490	0.83580	0.81810	0.43320	<b>&lt;0.0001<sup>a</sup></b>	

<sup>1</sup> Tasa de goteo. <sup>2</sup> Índice de blancura. <sup>3</sup> Dureza. <sup>4</sup> Sobreabundancia. <sup>5</sup> Viscosidad. <sup>a</sup> Significancia estadística (P<0.05)

**Anexo 2.** Resumen de la significancia estadística en el análisis sensorial del helado deslactosado sabor a vainilla y de sus interacciones.

<b>Variable</b>	<b>Apariencia</b>	<b>Textura</b>	<b>Aroma</b>	<b>Dulzura</b>	<b>Sabor</b>	<b>Aceptación General</b>
	<b>Pr&gt;F</b>	<b>Pr&gt;F</b>	<b>Pr&gt;F</b>	<b>Pr&gt;F</b>	<b>Pr&gt;F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
Azúcar	0.1478	<b>0.0409<sup>a</sup></b>	0.1735	0.3944	0.5739	0.4068
Bloque	<b>&lt;0.0001<sup>a</sup></b>	<b>0.0008<sup>a</sup></b>	<b>&lt;0.001<sup>a</sup></b>	<b>&lt;0.0001<sup>a</sup></b>	<b>&lt;0.0001<sup>a</sup></b>	<b>&lt;0.0001<sup>a</sup></b>
Panelista	<b>&lt;0.0001<sup>a</sup></b>	<b>&lt;0.0001<sup>a</sup></b>	<b>0.0024<sup>a</sup></b>	<b>&lt;0.0001<sup>a</sup></b>	<b>0.0024<sup>a</sup></b>	<b>&lt;0.0001<sup>a</sup></b>
Azúcar *Bloque	<b>0.0440<sup>a</sup></b>	<b>0.0261<sup>a</sup></b>	<b>0.0028<sup>a</sup></b>	0.5548	0.6870	0.7510
Panelista *Azúcar	0.6370	0.5491	0.1868	0.3770	0.7726	0.8663
Panelista *Bloque	<b>&lt;0.0001<sup>a</sup></b>	<b>&lt;0.0001<sup>a</sup></b>	<b>&lt;0.0001<sup>a</sup></b>	<b>&lt;0.0001<sup>a</sup></b>	<b>&lt;0.0001<sup>a</sup></b>	<b>&lt;0.0001<sup>a</sup></b>

<sup>a</sup> Significancia estadística (P<0.05)

### Anexo 3. Hoja de evaluación sensorial para el análisis de aceptación

#### Hoja de evaluación sensorial helado deslactosado.

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

**1. Instrucciones:**

- Pruebe las muestras de izquierda a derecha, en el orden que se le presenten.
- Marque con una X el cuadro indicando su grado de aceptación.
- Recuerde lavar su paladar con agua y una galleta entre cada muestra.
- Llene los dos lados de su hoja de evaluación.

Código de muestra \_\_\_\_\_

Atributo	No me gusta nada					No me gusta ni me disgusta				Me gusta extremo
		1	2	3	4		5	6	7	
Apariencia										
Textura										
Aroma										
Dulzura										
Sabor										
Aceptación General										

Código de muestra \_\_\_\_\_

Atributo	No me gusta nada					No me gusta ni me disgusta				Me gusta extremo
		1	2	3	4		5	6	7	
Apariencia										
Textura										
Aroma										
Dulzura										
Sabor										
Aceptación General										

Ordene las muestras según su preferencia considerando 1 la más preferida y 3 la menos preferida.

Código de muestra \_\_\_\_\_

1 \_\_\_\_\_

2 \_\_\_\_\_

## Anexo 4. Ficha técnica enzima lactasa

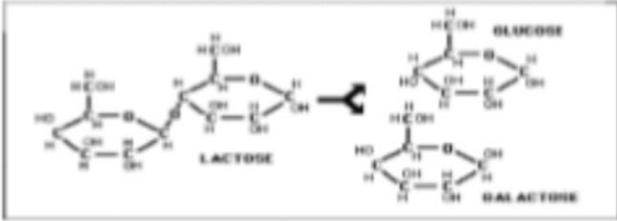


*Improving food & health*

### Ha-Lactase 5200

**Product Information**  
Version: 3 PI-GLOB-EN 03-14-2014

**Description**  
Ha-Lactase 5200 is a highly-purified, standardized liquid neutral  $\beta$ -galactosidase (lactase). It is produced by submerged fermentation on a vegetable substrate using a select strain of the yeast *Kluyveromyces fragilis* kept under contained conditions and not present in the final product. The product hydrolyses lactose to a mixture of glucose and galactose.



Material No:	450804	Storage temp:	0 - 8 °C / 32 - 46 °F
Size	5 L	Conditions:	Cool. Keep closed in the original container.
Type	Can		

**Shelf life**  
24 months from quality release when stored according to the recommended storage conditions. The shelf life is limited to 3 months after opening, provided the product is maintained according to the recommended storage conditions.

**Transport**  
The product should be transported between -5 and 20 °C with a maximum transit time of 4 days outside this interval. Prolonged exposure to heat above this temperature may influence the shelf life and activity of the product.

**Application**  
Ha-Lactase 5200 may be used in various dairy-based products such as milk, cream, fermented products, cheese, whey drinks, whey/whey permeate, dulce de leche, ice cream and other desserts. The product is suitable for

- Lactose free/reduced lactose products (Lactose malabsorption/intolerance);
- Increased sweetness without increasing caloric content;
- Reduction of added sugar, flavors;
- Improved appearance/stability by preventing lactose crystallization;
- Improved product characteristics (e.g. improved scoopability in ice cream);

Separate application sheets on milk, fermented milk products, ice cream and dulce de leche are available upon request.

[www.chr-hansen.com](http://www.chr-hansen.com) Page: 1 (7)

The information contained herein is presented in good faith and is, to the best of our knowledge and belief, true and reliable. It is offered solely for your consideration, testing and evaluation, and is subject to change without prior and further notice. There is no warranty being extended as to its accuracy, completeness, correctness, non-infringement, merchantability or fitness for a particular purpose. To the best of our knowledge and belief, the product(s) mentioned herein does not infringe the intellectual property rights of any third party. The product(s) may be covered by pending or issued patents, registered or unregistered trademarks, or similar intellectual property rights. Copyright © Chr. Hansen A/S. All rights reserved.