

Impacto del helado dietético con yacón (*Smallanthus sonchifolius*) en la hipoglicemia y aceptabilidad

Impact of dietary ice cream with yacón (*Smallanthus sonchifolius*) on hyperglycemia and acceptability.

Fernando GARCÍA-RAMÓN¹, Alejandrina SOTELO-MENDEZ¹, Edith MALPICA INGA¹,
Hermelinda ÁLVAREZ CHANCASANAMPA¹, Edgar NORABUENA M², Teresa GONZÁLES³, Liliana SUMARRIVA BUSTINZA⁴

1 Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

2 Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

3 Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú.

4 Universidad Nacional de Educación "Enrique Guzmán y Valle", Lima, Perú.

Recibido: 21/abril/2022. Aceptado: 20/junio/2022.

RESUMEN

Introducción: Los helados, tienen un alto contenido azúcares en su composición, por lo que es un producto interesante para estudiar alternativas en la sustitución de la misma. El yacón (*Smallanthus sonchifolius*) es conocida como una fuente abundante de fructooligosacáridos (FOS), inulina y compuestos fenólicos, a los cuales se les aduce importantes beneficios nutricionales y efectos en la salud.

Objetivo: Evaluar el efecto hipoglucemiante, parámetros biológicos y perfil sensorial de helados formulados con sustitución de azúcar (AZ) por jarabe de yacón (JY) (*Smallanthus sonchifolius*).

Materiales y métodos: Se desarrollaron cuatro formulaciones denominadas: T0 (100% AZ), T3 (100% JY), T1 (50:50; AZ:JY) y el T2 (25:75, AZ:JY). Se analizaron niveles de glucosa, parámetros de evaluación biológica y un perfil sensorial. Asimismo, se realizó un análisis proximal del mejor tratamiento.

Resultados y discusiones: Se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en los niveles de glucosa, siendo el T3 el cual mostro una mayor variación (disminuyo en 18,3 ml/dL). Su composición proximal tuvo una humedad de 72,50 \pm 0,32%, proteína bruta 4,00 \pm 0,26%, grasa bruta 2,40 \pm

0,07%, cenizas 1,46 \pm 0,09%, y carbohidratos 19,60 \pm 0,27%. Asimismo, todos los helados mostraron un alto valor biológico (VB: 98), digestibilidad aparente (DA: 98%) y retención neta de proteína (NPR: 3,25). Finalmente, el perfil sensorial fue similar en todos los tratamientos evaluados.

Conclusiones: El helado T3 (100 % jarabe de yacón) tuvo importantes resultados en el efecto hipoglucemiante, parámetros biológicos y perfil sensorial.

PALABRAS CLAVES

Smallanthus sonchifolius, efecto hipoglucemiante, helados dietéticos.

ABSTRACT

Introduction: Ice cream has a high sugar content in its composition, making it an interesting product to study alternatives for its substitution. Yacón (*Smallanthus sonchifolius*) is known as an abundant source of fructooligosaccharides (FOS), inulin and phenolic compounds, which have important nutritional benefits and health effects.

Aim: To evaluate the hypoglycemic effect, biological parameters and sensory profile of ice cream formulated with sugar substitution (AZ) by yacón syrup (JY) (*Smallanthus sonchifolius*)

Materials & methods: Four formulations were developed: T0 (100% AZ), T3 (100% JY), T2 (50:50; AZ:JY) and T3 (25:75, AZ:JY). Glucose levels, biological evaluation parameters and a sensory profile were analyzed.)

Correspondencia:
Fernando García Ramón
garciafd4@gmail.com

Results and discussions: Significant differences ($p < 0,05$) were found in glucose levels, with T3 showing the greatest variation (decreased by 18,3 ml/dL). Its proximal composition had a moisture content of $72,50 \pm 0,32\%$, crude protein $4,00 \pm 0,26\%$, crude fat $2,40 \pm 0,07\%$, ash $1,46 \pm 0,09\%$, and carbohydrates $19,60 \pm 0,27\%$. Likewise, all ice creams showed high biological value (BV: 98), apparent digestibility (AD: 98%) and net protein retention (NPR: 3.25). Finally, the sensory profile was similar in all the treatments evaluated.

Conclusions: T3 (100% JY) showed significant results in hypoglycemic effect, biological parameters and sensory profile.

KEYWORDS

Smilax sonchifolius, hypoglycemic effect, diet ice cream.

INTRODUCCION

El índice glucémico (IG) es una medida de la capacidad de los alimentos (hidratos de carbono) para elevar los niveles de azúcar (glucosa) en sangre tras su consumo en comparación con una dosis equivalente de glucosa. Los alimentos con un IG bajo liberan la glucosa lentamente en la sangre, produciendo un aumento relativamente bajo de los niveles de glucosa e insulina en sangre. La promoción de alimentos saludables desempeña un papel importante, para así evitar o retrasar las consecuencias de la enfermedad¹.

Las plantas medicinales constituyen una alternativa terapéutica viable, las cuales pueden ser utilizadas para el desarrollo de nuevos alimentos. El yacón (*Smilax sonchifolius*) es conocida como una fuente abundante de fructooligosacáridos (FOS), inulina y compuestos fenólicos como ácido clorogénico y otros derivados del ácido cafeico principalmente². En lo referido a FOS, su principal característica es que no son digeribles por enzimas en el tracto digestivo superior del ser humano, además, el alto contenido de compuestos bioactivos presente en las raíces de yacón es reconocido por ofrecer beneficios para la salud (por ejemplo, la reducción del índice glucémico, y el riesgo de cáncer de colon), derivados de sus propiedades antioxidantes y prebióticas^{2,3}, mostrando un gran interés público como suplemento dietético.

El helado es el producto más consumido dentro de la categoría de postres, además de ser aceptado por todos los grupos de edad⁴. El continuo avance de los conocimientos y la investigación sobre la relación entre los alimentos y la salud, junto con la necesidad tecnológica de las innovaciones, han generado nuevos productos, algunos de los cuales tienen el potencial funcional de beneficiar a la salud humana⁵. Se han utilizado muchas fórmulas para ofrecer al consumidor diferentes alternativas de consumo, por ejemplo, helados producidos con diferentes fuentes de fibras dietéticas⁶; endulzados con diversos polioles⁷; con inulina y *Lactobacillus*

*casei*⁸, asimismo, con extractos de hierbas y fructooligosacáridos (FOS)⁹.

Los helados, tienen un alto contenido azúcares en su composición, por lo que es un producto interesante para estudiar alternativas en la reducción y/o sustitución de la misma. Hasta la presente no se ha encontrado información sobre la utilización del *S. sonchifolius* en la elaboración de helados, por lo expuesto, en la presente investigación se reemplazará gradualmente el azúcar por jarabe de yacón y se evaluará el efecto hipoglucemiante, parámetros biológicos y aceptabilidad sensorial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las raíces de yacón (*Smilax sonchifolius*) fueron recolectadas de la provincia de Carhuaz, Región Ancash, leche descremada líquida fue proporcionada por la planta de lácteos de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) con los siguientes parámetros (Acidez: 15 °D; ρ : 1,0352 g/cm³; 0,1% de grasa); en tanto que la leche descremada en polvo (Grupo Gloria, La libertad, Perú), margarina desodorizada (Levapan®, Lima, Perú), CMC (Frutarom®, Lima, Perú), azúcar (AZ) (Cartavio®, Grupo Gloria, La libertad, Perú), saborizante y colorante chocolate DELTA (SÚMMUN, Puebla, México) fueron adquiridos en un mercado local de la ciudad de Lima – Perú.

Elaboración de helados

El proceso de elaboración de helados se realizó de acuerdo a lo descrito por Fiol, *et al.*¹⁰ con modificaciones. Se desarrollaron cuatro formulaciones denominadas T0, T1, T2 y T3 con diferentes condiciones de procesamiento en donde el contenido de azúcar que fue gradualmente reemplazado por el jarabe de yacón (JY) según los tratamientos como se indican en la Tabla 1. Cuando se utilizó JY para los tratamientos (T1, T2 y T3) se pre homogenizaron con la leche descremada líquida a 35 °C durante 4 min a baja velocidad en mezclador planetario (KMX93, Kenwood). Los ingredientes en polvo se mezclaron previamente y se dispersaron en la fracción líquida a 40 °C, seguidamente, a los tratamientos T0, T1, T2 y T3 se colocó margarina, se mezcló (KMX93, Kenwood) y se pasteurizó por lotes (76 °C, 20 min). A continuación, las mezclas de helado se enfriaron, se mantuvieron (ENF-7300 BL Electroluz) a 4 °C durante 24 horas, se adicionó saborizante, colorante y se batió a -5 °C durante 15 min en un batidor de helados, se envasaron en recipientes de 1 L y se almacenaron a -25 °C en una cámara de congelación, hasta análisis respectivos.

El análisis químico proximal (determinado según los métodos oficiales de la AOAC¹¹ del JY, tuvo una humedad de $23,74 \pm 0,15\%$, cenizas $2,80 \pm 0,17\%$, proteína bruta $1,50 \pm 0,10\%$, grasa bruta $3,08 \pm 0,11\%$, y carbohidratos $71,96 \pm 0,81\%$. Asimismo, tiene una composición de 7,22% de glucosa, 13,59% de fructosa, sacarosa 11,59% y 57,92% de FOS. Respecto a las características fisicoquímicas se tuvo una densidad de $1,25 \pm 0,06$ g/cm³ y 73 °Brix. Finalmente,

Tabla 1. Formulaciones de helados realizados

	T0	T1	T2	T3
Leche descremada líquida	77,37%	77,37%	77,37%	77,37%
Leche descremada en polvo	5,19%	5,19%	5,19%	5,19%
Azúcar	12,92%	6,46%	3,23%	0,00%
Jarabe de yacón	0,00%	6,46%	9,69%	12,92%
Margarina	3,80%	3,80%	3,80%	3,80%
CMC	0,35%	0,35%	0,35%	0,35%
Saborizante y colorante	0,37%	0,37%	0,37%	0,37%

el T3 (mejor tratamiento), tuvo una humedad de $72,50 \pm 0,32\%$, proteína bruta $4,00 \pm 0,26\%$, grasa bruta $2,40 \pm 0,07\%$, cenizas $1,46 \pm 0,09\%$, y carbohidratos $19,64 \pm 0,27\%$, también, se tuvo un valor de $0,41\%$ de acidez titulable (% ácido láctico), $1,125 \text{ g/cm}^3$ para la densidad y $44,44\%$ de overrun. Los datos se obtuvieron a partir de las medias de tres réplicas.

Bioensayos

Se utilizaron un total de total de 30 ratas machos de raza *Holtzman*, con pesos homogéneos, destetadas y de 35 días de edad provenientes del Bioterio de la Facultad de Zootecnia, UNALM. Para el ensayo de valor biológico (VB) los animales fueron asignados de forma aleatoria y se colocaron en jaulas metabólicas. El ambiente de experimentación fue a $23 \pm 1^\circ\text{C}$, con un fotoperiodo luz-oscuridad de 12 horas y tuvo una duración de 10 días. El agua y las dietas experimentales, Control (Caseína) y tratamientos (T1, T2 y T3) fueron suministradas de forma *ad libitum* diariamente. Como marcador de inicio y fin del experimento se utilizó carmín. Asimismo, se controló (pesó, consumo, heces, orina), al ini-

cio, durante y final del experimento. En cuanto a la determinación de la relación neta de la proteína (NPR) se utilizó jaulas tipo batería y tuvieron un periodo de experimental de 14 y 28 días. Los controles realizados fueron el consumo de alimento de forma diaria y los pesos cada 7 días hasta el final del experimento. Para los cálculos de los parámetros biológicos se utilizaron las siguientes formulas: $VB = \frac{\text{Ningerido} - (\text{Nexcretado} + \text{Nurinario})}{\text{Ningerido} - \text{Nexcretado}} \times 100$; $DA = \frac{\text{Nconsumido} - \text{Nexcretado}}{\text{Nconsumido}} \times 100$; y $NPR = \frac{\text{ganancia de peso del grupo experimental (g)} + \text{pérdida de peso del grupo aprobeico (g)}}{\text{ingesta de proteínas grupo experimental (g)}}$.

Dietas experimentales para evaluar el efecto hipoglucemiante con helados

Obtenidos los helados a través de un proceso de secado (Xinhang, SW-10S, China) por 72 horas a 40°C y molienda en un molino (Retsch SR 300, Alemania) utilizando una malla de $0,5 \text{ um}$, se procedió a pesar y mezclar durante 3 min a baja velocidad en un mezclador planetario (KMX93, Kenwood) las dietas tales como se muestra en la Tabla 2. Estas dietas fue-

Tabla 2. Formulación de dietas con helados

	Dieta 1 (%)	Dieta 2 (%)	Dieta 3 (%)	Dieta 4 (%)
Alimento	50 (Helado T0)	74 (Helado T1)	74 (Helado T2)	74 (Helado T3)
Azúcar	37,8	3	3	3
Fibra (α -celulosa)	5	5	5	5
Grasa	3,2	6	6	6
Minerales	2	2	2	2
Vitaminas	2	2	2	2
Maicena	-	8	8	8

ron suministradas a las 30 ratas. Antes de iniciar la alimentación se registró la lectura de la glucosa sanguínea (punto de partida del estudio). En la fase 1, los animales recibieron la dieta 1, en cantidades de 10 a 15 g/animal/día por un periodo de 20 días para elevar su nivel de glucosa. En la fase 2, los animales se dividieron en tres grupos de 10 ratas cada uno y se les suministró la dieta 2, 3 y 4 por un periodo de 20 días, cada grupo recibió un tratamiento diferente, según el helado dietético correspondiente a los tratamientos: T₁, T₂ y T₃.

Prueba de glucosa

Las determinaciones fueron realizadas con tiras reactivas MediSense® Optium™ Plus (Abbott, Reino Unido) y glucómetro MediSense® Optium™ (Abbott, EE.UU.). La precisión de las tiras reactivas MediSense® Optium™ Plus presentan un coeficiente de variación de 3,8 al 5,2%, según datos facilitados por Abbot se desinfectó el área y haciendo una ligera presión se pinchó para obtener una gota de sangre y colocarla en su respectiva tira reactiva.

Evaluación sensorial

El perfil sensorial (textura, olor, sabor, color y apariencia general) fue realizado con 100 consumidores (49 mujeres y 51 hombres) con edades comprendidas entre 19 y 51 años. Los

consumidores evaluaron las muestras en relación con la impresión general, el color, el olor, el sabor y la textura, utilizando una escala no estructurada de 10 cm, en cuyo extremo izquierdo se detalla "me desagrada mucho" y en el extremo derecho "me agrada mucho", de acuerdo a García-Ramón, *et al.*¹². Se ofrecieron muestras de helados de 25 g aproximadamente, previamente codificadas.

Análisis estadístico

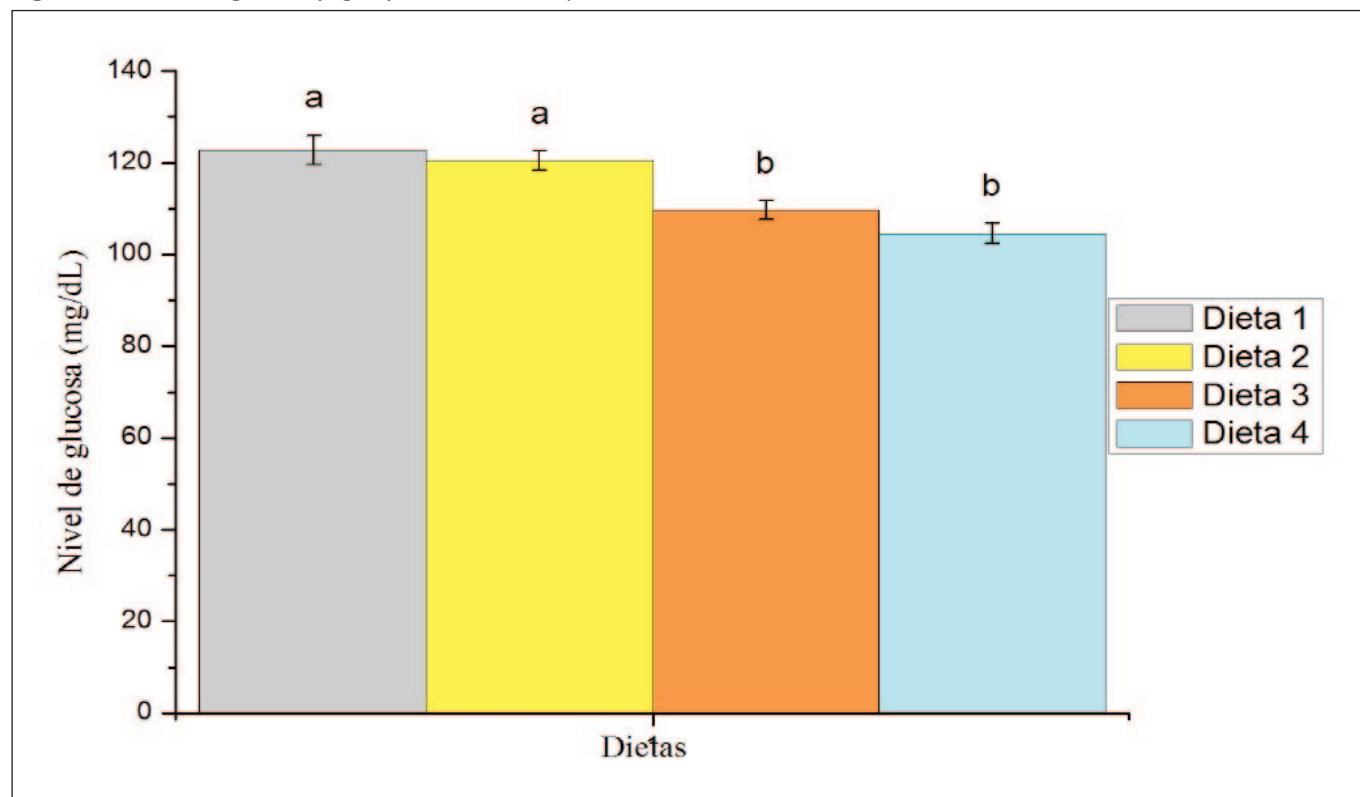
Los resultados fueron expresados como la media aritmética más-menos una desviación estándar. El efecto del tipo de dieta en los niveles de glucosa (mg/dL) y parámetros biológicos (VB, DA y NPR), se analizaron mediante un Diseño Completamente al Azar (DCA), con un nivel de significancia de $p < 0,05$, para la identificación de diferencias significativas entre las mediciones realizadas por triplicado. Todos los análisis se realizaron utilizando la versión 3.4.4 del *software* R (R Core Team, 2021).

RESULTADOS

Evaluación del nivel de glucosa

En la Figura 1 se muestran el efecto de las dietas en los niveles de glucosa (mg/dL), se evidenciaron diferencias signifi-

Figura 1. Niveles de glucosa (mg/dL) en función del tipo de dieta



Dieta 1: 100% Az **Dieta 2:** Az:JY: 50:50% **Dieta 3:** Az:JY: 25:75% **Dieta 4:** 100% JY. Letras minúsculas distintas, son significativamente diferentes ($p < 0,05$). Az: Azúcar; JY: Jarabe de Yacón.

cativas ($p < 0,05$) entre las mismas. Además, se observó que existe una relación directa entre la cantidad de azúcar contenida en la formulación y el nivel de glucosa encontrada en los grupos. El tratamiento T₃, fue el que mostro la mayor reducción de glucosa, este helado fue elaborado al 100 % de jarabe de yacón.

Evaluación de parámetros biológicos

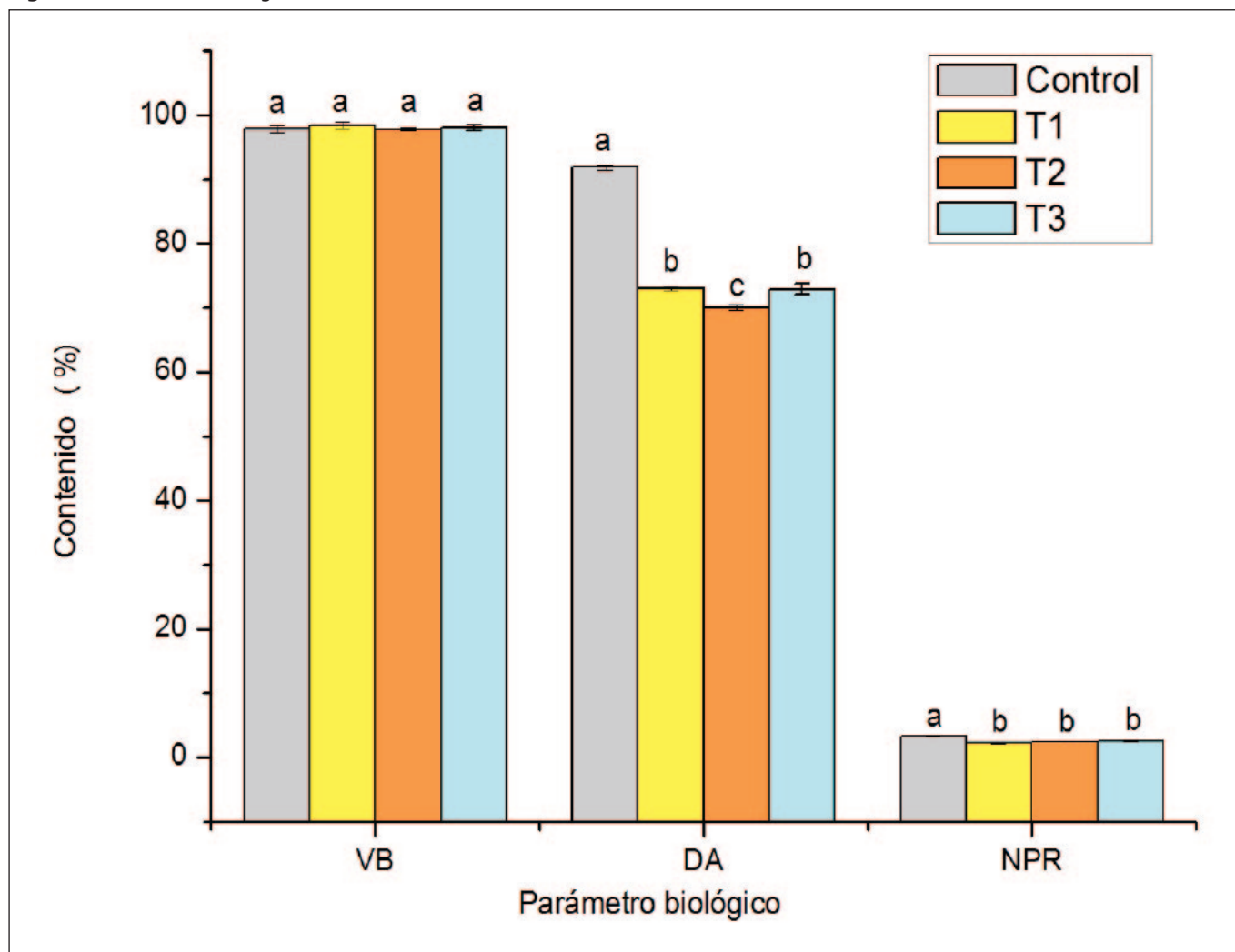
En la Figura 2 se muestra los parámetros biológicos evaluados en los diferentes tratamientos de helados. El valor biológico permite determinar el nitrógeno potencialmente retenido por el organismo tras su consumo. No se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos y el control, cuyo valor fue de 98%. Demostrando que se trata de proteínas de alto valor biológico. En cuanto a la digestibilidad

aparente, hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) a favor del control respecto a los tratamientos T1, T2 y T3. Sin embargo, los tratamientos T1 y T3 mostraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) favorables respecto al T2. Asimismo, con relación al NPR los grupos que consumieron las dietas con helado con yacón (T1, T2 y T3) no mostraron diferencias estadísticas ($p > 0,05$), pero fueron menores respecto al control estadísticamente.

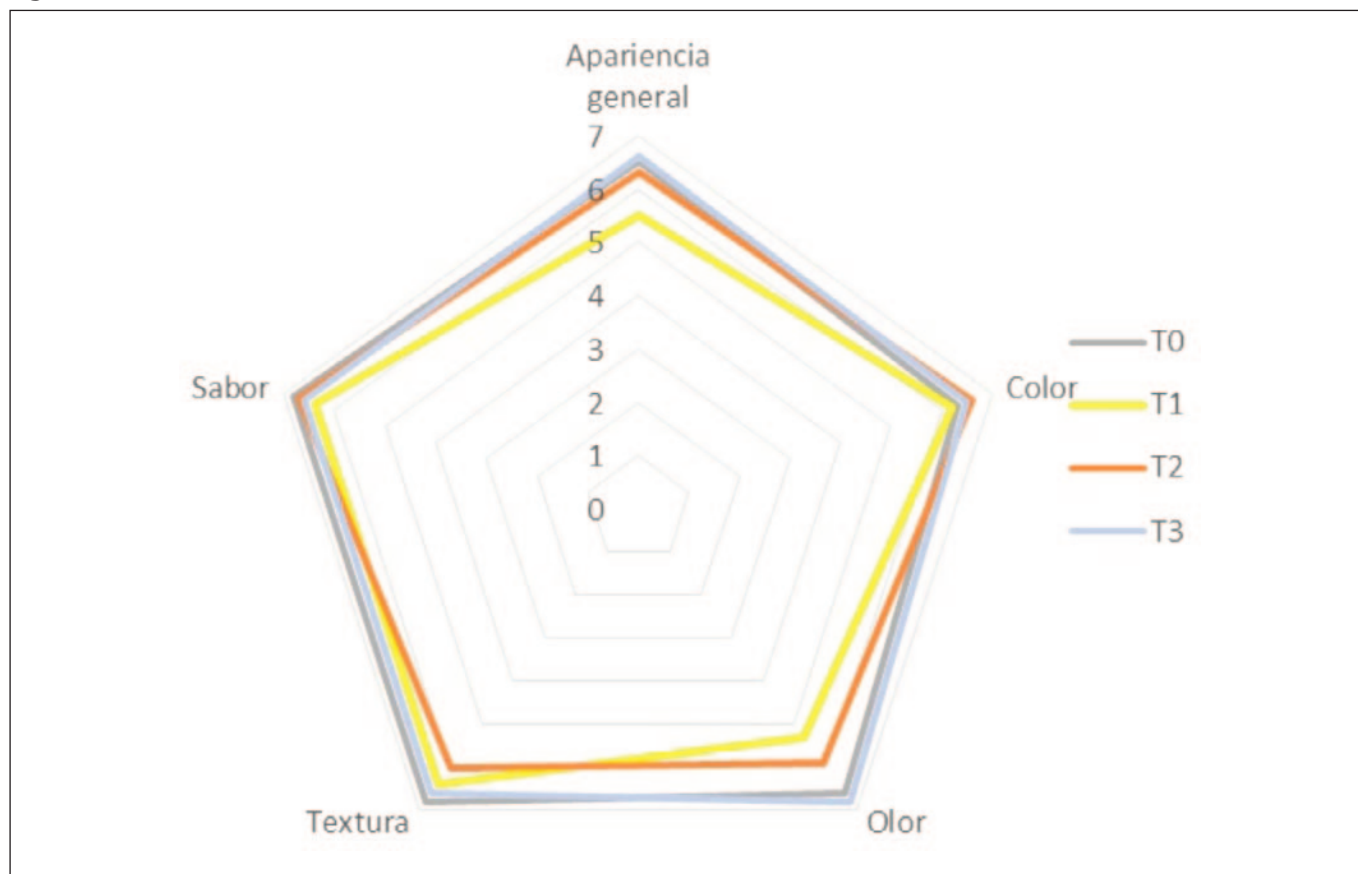
Evaluación sensorial

En la Figura 3 se muestra el perfil sensorial de los helados con los diferentes tratamientos (T0, T1, T2 y T3) donde el contenido de azúcar fue gradualmente reemplazado por el jarabe de yacón mostraron similares valores para la aceptabilidad general, color, olor, sabor y textura.

Figura 2. Parámetros biológicos con las diferentes formulaciones



Control: Caseína ■ T1: Az:JY 50:50% ■ T2: Az:JY: 25:75% ■ T3: 100% JY ■
 Letras minúsculas distintas, son significativamente diferentes ($p < 0,05$). VB: valor biológico; DA: digestibilidad aparente; NPR: relación neta de la proteína.

Figura 3. Perfil sensorial de los helados con las diferentes formulaciones

T0: 100% Az ■ T1: Az:JY: 50:50% ■ T2: Az:JY: 25:75% ■ T3: 100% JY ■

DISCUSIÓN

Existe una relación directa entre la cantidad de azúcar contenida en la formulación y el nivel de glucosa encontrada en los grupos. La asociación de FOS e inulina serían los principales responsables de esta disminución. Estos resultados coinciden con Serra-Barcellona, *et al.*¹³ quienes mencionaron que suministrando 14 mg de polvo cristalino/Kg de peso corporal de *S. macroscyphus* ayuda a controlar la diabetes de forma más eficiente y segura. Dos Santos¹⁴, la administración de extractos hidroetanólicos de *S. sonchifolius* producen un control glucémico eficaz en animales diabéticos, produciendo un aumento del nivel de insulina en plasma. Este efecto hipoglucémico puede deberse al perfil fitoquímico del extracto de yacón, debido a la presencia de compuestos fenólicos, principalmente el ácido cafeico, al que se le asocia la reducción de la glucosa en sangre a través de la modulación de la glucogénesis¹⁵. Al respecto, Wang, *et al.*¹⁶, el principal mecanismo de la rápida regulación de la glucosa en la diabetes, también se debe al ácido clorogénico, por estar asociado a la prevención de las actividades de la glucosa-6-fosfatasa translocasa 1 y de la glucosa-6-fosfatasa en el hígado y el intestino delgado. Actualmente, Ferraz, *et al.*¹⁷ sugieren que dentro de las estrategias terapéuticas saludables se puede

considerar el uso de *S. sonchifolius*, el cuál conducen a la homeostasis glucémica y reduce el desvío metabólico generado en la condición diabética, favoreciendo la utilización de la glucosa. En esta investigación se resalta la utilización de yacón en helados debido a que demuestra una reducción importante en el nivel de glucosa.

Por otro lado, la aplicación adicional más interesante de *S. sonchifolius* es su efecto prebiótico proporcionado por la inulina y FOS, los mismos que tiene interesantes acciones nutricionales y funcionales en el tracto gastrointestinal, ya que estas sustancias son resistentes a la actividad hidrolítica en el intestino delgado, y al pasar al intestino grueso son fermentables por acción de la microbiota intestinal, mecanismo que incrementa las poblaciones bacterianas benéficas, reduciendo así el desarrollo de enfermedades por acción de patógenos¹⁸. Por otro lado, Campos, *et al.*³ confirmaron que una dieta a base de harina de *S. sonchifolius* promovía el crecimiento de *Bifidobacterias* y *Lactobacilos*, dando lugar a la producción de ácidos grasos de cadena corta (acético, propiónico y butírico), el cual tienen efecto local como fuente de energía para los colonocitos, mejora la inmunidad innata, así como también poseen efectos a nivel sistémico¹⁹. Igualmente, Reina, *et al.*¹⁹ demostraron que la fermentación de *S. sonchifolius* generó

disminución del pH, el cuál redujo la presencia de bacterias patógenas, el cual favorece la biodisponibilidad de minerales.

Los valores encontrados de VB en la presente investigación son superiores a lo reportado por García, *et al.*¹² quienes encontraron un valor de 85,00 % para dietas elaboradas a partir de caseína, como a los valores reportados por Acevedo, *et al.*²⁰ quienes encontraron 70, 68 y 50% en dietas elaboradas a partir de suero, queso costeño de cabra y una dieta control libre de proteína. En cuanto a la digestibilidad aparente (DA) se determinó que los helados dietéticos presentan una buena digestibilidad proteica, pero los valores encontrados son menores a los reportados por Sung Wook, *et al.*²¹ quienes encontraron valores de 94,8 y 91,7% para la caseína y para proteína aislada de soya. Asimismo, es inferior al valor reportado (83%) para leche descremada²². Respecto al NPR, el control tuvo un mayor valor respecto a las dietas con helado con yacón los grupos analizados. Sin embargo, los valores encontrados de NPR en los tratamientos son cercanos a los reportados por Sung Wook, *et al.*²¹ quienes encontraron valores de 4,02 para caseína, 4,54 para proteína aislado de suero y 3,04 para proteína aislada de soya. Estos resultados indican que la incorporación del jarabe de yacón no afecta la calidad proteica contenida en los helados y que estos postres dietéticos aportan importantes niveles de proteínas de buena calidad.

La elaboración de perfiles sensoriales es una alternativa que ha permitido establecer un vínculo útil entre las características de los productos y la percepción del consumidor^{23,24}. Los valores de aceptabilidad sensorial en los helados elaborados con las diferentes sutituciones de azúcar por jarabe de yacón tuvieron buenas percepciones. Los cuales tienen aceptaciones similares a los encontrados por Samakradhamrongthai, *et al.*²⁵ quienes reportaron buena aceptación sensorial del helado con la adición de inulina. Asimismo, la adición de prebióticos en postres lácteos tuvo una adecuada aceptabilidad por el consumidor²⁶. Igualmente, se reportaron una buena aceptación global en helados elaborados con inclusión de extractos a partir de hierbas de mate verde (*Ilex paraguariensis* A. St. Hilaire) y melisa (*Melissa officinalis* L.) en proporciones (0,7:0,3)⁹. Es fundamental tener en cuenta que el aspecto sensorial, cantidad y funcionalidad de los ingredientes, los cuales influyen en la textura, viscosidad y características del helado, determinando su calidad general^{27,28}.

CONCLUSIÓN

La sustitución de jarabe de yacón mostró un impacto positivo en la reducción de glucosa sanguínea, donde el tratamiento T3 (100% jarabe de yacón) tuvo el mejor efecto (disminuyó en 18,3 mg/dL). Asimismo, los parámetros biológicos determinados fueron altos. Esta investigación pondera al yacón por su alto contenido de FOS e inulina, siendo una alternativa en la elaboración de helados dietéticos, para un grupo de la población con requerimientos especiales como los diabéticos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Garber AJ, Abrahamson MJ, Barzilay JI, Blonde L, Bloomgarden ZT, Bush MA, et al. Consensus Statement By the American Association of Clinical Endocrinologists and American College of Endocrinology on the Comprehensive Type 2 Diabetes Management Algorithm - 2017 Executive Summary. *Endocr Pract.* 2017;23(2):207–38.
- Silva M de FG da, Dionísio AP, Abreu FAP de, Brito ES de, Wurlitzer NJ, Silva LMA e., et al. Evaluation of nutritional and chemical composition of yacon syrup using 1H NMR and UPLC-ESI-Q-TOF-MSE. *Food Chem [Internet].* 2018;245:1239–47. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.11.092>
- Campos D, Betalleluz-Pallardel I, Chirinos R, Aguilar-Galvez A, Noratto G, Pedreschi R. Prebiotic effects of yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl), a source of fructooligosaccharides and phenolic compounds with antioxidant activity. *Food Chem [Internet].* 2012;135(3):1592–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.05.088>
- Corvitto A. *The Secrets of Ice Cream: Ice Cream without Secrets.* Second ed. Vilbo; Sant Cugat Del Valles,, Spain; 2011.
- Granato D, Putnik P, Kovačević DB, Santos JS, Calado V, Rocha RS, et al. Trends in Chemometrics: Food Authentication, Microbiology, and Effects of Processing. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2018;17(3):663–77.
- Ayar A, Sıçramaz H, Öztürk S, Öztürk Yılmaz S. Probiotic properties of ice creams produced with dietary fibres from by-products of the food industry. *Int J Dairy Technol.* 2018;71(1):174–82.
- Kalicka D, Znamirowska A, Pawlos M, Buniowska M, Szajnar K. Physical and sensory characteristics and probiotic survival in ice cream sweetened with various polyols. *Int J Dairy Technol.* 2019;72(3):456–65.
- Balthazar CF, Pimentel TC, Ferrão LL, Almada CN, Santillo A, Albenzio M, et al. Sheep Milk: Physicochemical Characteristics and Relevance for Functional Food Development. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2017;16(2):247–62.
- Gremski LA, Coelho ALK, Santos JS, Daguer H, Molognoni L, do Prado-Silva L, et al. Antioxidants-rich ice cream containing herbal extracts and fructooligosaccharides: manufacture, functional and sensory properties. *Food Chem [Internet].* 2019;298:125098. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125098>
- Fiol C, Prado D, Romero C, Laburu N, Mora M, Iñaki Alava J. Introduction of a new family of ice creams. *Int J Gastron Food Sci [Internet].* 2017;7:5–10. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijgfs.2016.12.001>
- AOAC. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analysis Chemist.* Gaithersburg, USA; 2005.
- García-Ramón F, Alvarez H, Sotelo-Méndez A, Huaman-González T, Norabuena E, Sarapura-Zarate E, et al. Calidad nutricional, evaluación física, sensorial y biológica en panes convencionales y libres de gluten Nutritional quality and evaluation physic, sensory and biological of conventional and gluten-free breads. 2022;42(1):106–14.

13. Serra-Barcellona C, Coll Aráoz M V, Cabrera WM, Habib NC, Honoré SM, Catalán CAN, et al. *Smallanthus macroscyphus*: A new source of antidiabetic compounds. *Chem Biol Interact* [Internet]. 2014;209(1):35–47. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cbi.2013.11.015>
14. Dos Santos KC, Bueno BG, Pereira LF, Francisqueti FV, Braz MG, Bincoletto LF, et al. Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) Leaf Extract Attenuates Hyperglycemia and Skeletal Muscle Oxidative Stress and Inflammation in Diabetic Rats. *Evidence-based Complement Altern Med*. 2017;2017.
15. Baroni S, da Rocha BA, Oliveira de Melo J, Comar JF, Caparroz-Assef SM, Bersani-Amado CA. Hydroethanolic extract of *Smallanthus sonchifolius* leaves improves hyperglycemia of streptozotocin induced neonatal diabetic rats. *Asian Pac J Trop Med* [Internet]. 2016;9(5):432–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apjtm.2016.03.033>
16. Wan CW, Wong CNY, Pin WK, Wong MHY, Kwok CY, Chan RYK, et al. Chlorogenic acid exhibits cholesterol lowering and fatty liver attenuating properties by up-regulating the gene expression of PPAR- α in hypercholesterolemic rats induced with a high-cholesterol diet. *Phyther Res*. 2013;27(4):545–51.
17. Ferraz APCR, Garcia JL, Costa MR, De Almeida CCV, Gregolin CS, Alves PHR, et al. Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) use as an antioxidant in diabetes. *Pathol Oxidative Stress Diet Antioxidants*. 2020;379–86.
18. Roberfroid MB, Delzenne N. Dietary fructans. *Annu Rev Nutr*. 1998;18(1):117–43.
19. Fukui H, Xu X, Miwa H. Role of gut microbiota-gut hormone axis in the pathophysiology of functional gastrointestinal disorders. *J Neurogastroenterol Motil*. 2018;24(3):367–86.
20. Reina LD, Pérez-Díaz IM, Breidt F, Azcarate-Peril MA, Medina E, Butz N. Characterization of the microbial diversity in yacon spontaneous fermentation at 20°C. *Int J Food Microbiol* [Internet]. 2015;203:35–40. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.03.007>
21. Acevedo D, Martínez JD, Gomes EL. Determination of the nutritional quality of coastal whey and coastal goat cheese using Wistar rats (*Rattus norvegicus*). *Inf Tecnol*. 2018;29(2):215–24.
22. Han SW, Chee KM, Cho SJ. Nutritional quality of rice bran protein in comparison to animal and vegetable protein. *Food Chem* [Internet]. 2015;172(September):766–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.127>
23. Cuj M, Dardón de Richardson J, Mazariegos M, Pérez-Corrales W, Fischer E. Determinación de la ganancia de peso, claidad proteica y digestibilidad de ocho dietas a base de dos leguminosas, maní (*Arachis hypogaea* L.) y ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) en ratas Wistar. *Rev Científica la Fac Ciencias Químicas y Farm*. 2017;27(1):21–31.
24. Torres FR, Esmerino EA, Carr BT, Ferrão LL, Granato D, Pimentel TC, et al. Rapid consumer-based sensory characterization of requeijão cremoso, a spreadable processed cheese: Performance of new statistical approaches to evaluate check-all-that-apply data. *J Dairy Sci* [Internet]. 2017;100(8):6100–10. Available from: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2016-12516>
25. Oliveira EW, Esmerino EA, Carr BT, Pinto LPF, Silva HLA, Pimentel TC, et al. Reformulating Minas Frescal cheese using consumers' perceptions: Insights from intensity scales and check-all-that-apply questionnaires. *J Dairy Sci* [Internet]. 2017;100(8):6111–24. Available from: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2016-12335>
26. Samakradhamrongthai RS, Jannu T, Supawan T, Khawsud A, Aumpa P, Renaldi G. Inulin application on the optimization of reduced-fat ice cream using response surface methodology. *Food Hydrocoll* [Internet]. 2021;119(January):106873. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106873>
27. Arcia PL, Costell E, Tárrega A. Inulin blend as prebiotic and fat replacer in dairy desserts: Optimization by response surface methodology. *J Dairy Sci* [Internet]. 2011;94(5):2192–200. Available from: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2010-3873>
28. Chen W, Liang G, Li X, He Z, Zeng M, Gao D, et al. Effects of soy proteins and hydrolysates on fat globule coalescence and melt-down properties of ice cream. *Food Hydrocoll* [Internet]. 2019;94:279–86. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.02.045>
29. Velásquez-Cock J, Serpa A, Vélez L, Gañán P, Gómez Hoyos C, Castro C, et al. Influence of cellulose nanofibrils on the structural elements of ice cream. *Food Hydrocoll* [Internet]. 2019;87:204–13. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.07.035>