



Universidad del Azuay

Departamento de Posgrados

Maestría en Desarrollo e Innovación de Alimentos

**DESARROLLO DE UN GEL ENERGÉTICO A
PARTIR DE PRODUCTOS ANCESTRALES:
ACHIRA Y CÁÑARO (CHACHAFRUTO)**

Autor:

Christian Byron Siavichay Sinchi

Director:

Daniel Toledo Ochoa, Mgst.

Cuenca – Ecuador

2025

DEDICATORIA

A mis padres Bertha y Humberto por su apoyo incondicional, a mi hija Rapahela por su cariño y comprensión y a Margoth por su inmenso amor, ellos han sido un soporte fundamental para llegar a término este trabajo de investigación.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad del Azuay por abrir sus puertas para la formación de nuevos profesionales.
Al Ph.D, Marco Lazo-Vélez y Mgst. Daniel Toledo por su guía constante en la elaboración de este trabajo científico.

A Diego y Nicole, técnicos del laboratorio que colaboraron y me apoyaron durante la ejecución de la parte experimental de este mensurado.

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES

Al grupo de investigación NutriOmics de la Universidad del Azuay, proyecto 2024-0108: «Identificación y valoración de fuentes proteicas de la región andina (Ecuador), su potencial tecno-funcional, nutricional y de beneficios para la salud. Proyecto en colaboración con el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), a través de la Red 124RT0164.

RESUMEN:

El objetivo del presente estudio fue desarrollar un gel energético a partir de almidón de achira (*Canna indica*) y harina de cáñaro (*Erythrina edulis*), ingredientes tradicionales con alto valor nutricional. Se caracterizaron las materias primas mediante un análisis de composición proximal y digestibilidad de almidones. A continuación, se formularon cinco geles energéticos utilizando un diseño de mezclas y se evaluó su índice glicémico, digestibilidad, textura, color y aceptabilidad sensorial. Los resultados indicaron que la harina de cáñaro es rica en proteínas (24,86%) y baja en humedad (6,89%), mientras que el almidón de achira tiene un alto contenido de carbohidratos (80,87%) y almidón de digestión lenta (84,13%). Las formulaciones variaron en digestibilidad y textura según la proporción de ingredientes, lo que permitió ajustar la liberación de energía y la firmeza. Teniendo en cuenta los valores del índice glicémico de la formulación FC100 (sustitución solo con cáñaro), que obtuvo el mayor valor (41,9), el gel demuestra su potencial para la producción de alternativas nutricionales para el consumo saludable de deportistas. La aceptabilidad general de la FC100 fue de 4,07; sin embargo, sería necesario trabajar en el enmascaramiento del olor característico del cáñaro para poder ajustar su perfil sensorial.

Palabras clave: gel energético, achira, cáñaro, índice glicémico, textura, digestibilidad.

ABSTRACT:

The aim of this study was to develop an energy gel based on achira starch (*Canna indica*) and hemp flour (*Erythrina edulis*), two traditional ingredients known for their high nutritional value. The raw materials were characterized through proximate composition analysis and starch digestibility assays. Subsequently, five energy gel formulations were developed using a mixture design approach. These formulations were evaluated for glycemic index, in vitro digestibility, textural properties, color, and sensory acceptability.

The findings revealed that hemp flour is a protein-rich ingredient (24.86%) with low moisture content (6.89%), whereas achira starch is characterized by a high carbohydrate content (80.87%) and a significant proportion of slowly digestible starch (84.13%). The digestibility and textural attributes of the gels varied depending on the proportion of ingredients, enabling control over energy release and gel firmness. Formulation FC100, composed exclusively of hemp, exhibited the highest glycemic index (41.9), yet remained within the low-GI category, underscoring its potential as a functional food product for athletes. The overall sensory acceptability score for FC100 was 4.07 on the hedonic scale; however, improvements in masking the characteristic odor of hemp are recommended to enhance its sensory profile.

Keywords: energy gel, *achira*, *hemp*, glycemic index, texture, digestibility.

INDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1	1
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 2	4
METODOLOGÍA.....	4
2.1 Obtención de materia prima	4
2.2. Caracterización de la materia prima	4
2.2.1 Determinación del perfil de almidones de harinas y gel	4
2.3 Formulación del gel energético	4
2.4 Índice glicémico del gel energético	5
2.5 Análisis del gel energético.....	6
Perfil de Textura	6
Determinación del color del gel.....	6
Análisis sensorial del producto.....	6
2.6 Análisis estadístico	7
CAPÍTULO 3	8
RESULTADOS Y DISCUSIONES	8
3.1 Análisis de la composición proximal de los almidones y harinas.	8
3.2 Evaluación de la Digestibilidad de Almidones de Achira y Cañaño.	9
3.3 Evaluación de las propiedades del gel energético	12
3.3.1 Índice glicémico de los geles energéticos.....	12
3.3.2. Digestibilidad de los geles formulados.....	13
3.3.3 Perfil de textura de los geles energéticos.....	14
3.3.4 Evaluación del color en los geles energéticos	16
3.3.5 Análisis sensorial del gel energético FC100.....	17

CAPÍTULO 4	19
CONCLUSIONES.....	19
REFERENCIAS	20
Anexo 1	25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diseño de mezclas aplicado para la formulación de geles energéticos.	5
Tabla 2. Composición proximal en base seca del almidón de achira y harina de cáñaro..	8
Tabla 3. Digestibilidad del almidón de achira, harina de cáñaro y las diferentes formulaciones del gel energético.....	11
Tabla 4. Parámetros del color determinados de las 5 formulaciones diferentes del gel energético.....	17

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Resultado del índice glicémico evaluado en geles energéticos a base de harina de cáñaro y almidón de achira a diferentes proporciones.	12
Figura 2. Determinación de la fuerza en gramos de los 5 geles con diferente formulación.	15
Figura 3. Resultado de la prueba afectiva de cinco puntos del gel energético con la formulación 1.....	18

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de productos alimenticios funcionales ha cobrado gran importancia debido a la necesidad de alternativas saludables y sostenibles en la industria alimentaria. Los geles energéticos son suplementos altamente concentrados en carbohidratos, diseñados para proporcionar energía rápida a atletas y personas físicamente activas (Oviedo Soler, 2014; Sánchez Torres, 2017). Sin embargo, la mayoría de los geles comerciales están formulados con ingredientes altamente procesados, lo que ha generado interés en el uso de fuentes naturales y ancestrales de carbohidratos.

En el Ecuador, se genera una gran cantidad de productos que poseen altos valores nutricionales tales como: zanahoria blanca, achira, cáñaro, oca y jícama, sin embargo, con el pasar de los años algunos de éstos han perdido protagonismo (Cárdenas, 2012). El cáñaro y la achira son cultivos andinos que han sido tradicionalmente consumidos en diversas formas, pero su potencial en la industria moderna aún es poco explorado.

Erythrina edulis, conocida también como cáñaro, triana, chachafruto, balú, basul, pallar, sachaporoto o frijol de árbol, pertenece a la familia *Fabaceae* y tiene su origen en Sudamérica (Silva Gama, 2020). Las semillas, de forma similar a frijoles de gran tamaño, constituyen la parte comestible de la planta. Estas semillas, con dimensiones promedio de 5,2 x 2,5 centímetros, presentan una cáscara lisa y brillante de grosor notable, que adquiere un tono marrón oscuro al madurar (Espinoza Córdova, 2018). La planta exhibe una amplia diversidad de usos, que incluyen la alimentación animal, como forraje, y la mejora de la calidad del suelo gracias a su capacidad para fijar nitrógeno. En Ecuador, se le conoce como guato, poroton, cáñaro y comporuto, y sus frutos son consumidos a menudo debido a su alto contenido de almidón, lo que permite la preparación de platos tanto dulces como salados (Cárdenas, 2012). Además, se le atribuyen otras aplicaciones, como alimento para animales y usos medicinales para tratar diversas afecciones como alergias, granos, varicela, sarpullido, sarampión, viruela, micosis, inflamaciones e infecciones urinarias (Velgarin López, 2021).

El análisis nutricional de las semillas de cáñaro revela un contenido de carbohidratos que oscila entre el 28% y el 52%, y una proporción de proteínas que varía del 18% al 25% por cada 100 gramos (Alarcón Paucar & Tarazona Bardalez, 2016; Velgarin López, 2021).

Diversos estudios han caracterizado el almidón extraído de estas semillas, reportando valores de humedad entre 8,2% y 8,7%, contenido de cenizas entre 0,03% y 1,6%, proteínas en el rango de 0,7% a 0,88%, materia grasa entre 0,01% y 0,7%, y presencia de fibra cruda. Además, se han determinado parámetros físicoquímicos como un pH promedio de 4,93 (Daza et al., 2023; Victoria et al., 2016) y una temperatura de gelatinización de 74,7 °C (Sandoval et al., 2021).

Canna edulis, conocida como achira, es una planta originaria de Sudamérica, cultivada principalmente por la riqueza de almidón en sus rizomas. En Ecuador, su producción se concentra en la región andina, especialmente en las provincias de Azuay y Loja (Córdova-Romero, 2021). El almidón extraído, tradicionalmente denominado "Chuno", ha sido identificado como una alternativa prometedora frente a otras fuentes convencionales, tanto por su pureza como por su funcionalidad. Diversos estudios han reportado un elevado contenido de almidón en la achira, alcanzando hasta un 98,21%, así como una cantidad considerable de fibra, lo cual resulta beneficioso para los procesos metabólicos y digestivos (León et al., 2023). A nivel composicional, el análisis de cuatro especies mostró valores promedio de humedad (13,98%), proteína (0,365%), cenizas (0,245%), almidón total (82,01%), amilosa (27,35%) y pH (6,70) (Yaruro Cáceres et al., 2021). Complementariamente, Quicaña Avilés (2014) reportó la presencia de lípidos (0,075%) y fibra (0,004%), así como un valor superior de amilosa con un máximo de 32,9%. Estos hallazgos son consistentes con lo señalado por Bohorquez Pérez et al. (2017), quienes destacan a la achira como una de las fuentes con mayor concentración de amilosa. Este perfil composicional, caracterizado por un alto contenido de almidón y una proporción moderada de proteína, posiciona tanto a la achira como al cáñaro como materias primas de alto potencial para el desarrollo de productos energéticos.

Un gel energético se define como un suplemento alimenticio con una alta concentración de carbohidratos de fácil digestión en forma de gel espeso, cuyo objetivo principal es aportar una elevada cantidad de energía en dosis pequeñas durante la ejecución de ejercicios de alta intensidad (Salvador Polito, 2022). Comparado con otros productos resulta más práctico el consumo de gel durante el desarrollo del deporte (Olivos et al., 2012). Durante la formulación de un gel existen cuatro ingredientes principales que son: una fuente de carbohidratos (almidón), conservantes (benzoatos y sorbatos), reguladores de acidez (ácido cítrico) y en algunos casos, cafeína como estimulante (Mohd Baroyi et al., 2022).

En este contexto, se propone la incorporación de almidón de achira y harina de cáñaro en el desarrollo de un gel energético, aprovechando el elevado contenido de carbohidratos y el potencial energético de ambos insumos.

CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA

2.1 Obtención de materia prima

El almidón de achira se adquirió en el mercado del cantón Girón, provincia del Azuay, ubicado en las coordenadas 3°09'37.5"S, 79°08'51.1"O. Por otro lado, el cáñaro fue recolectado en la parroquia Llacao, sector La Unión, perteneciente al cantón Cuenca, cuyas coordenadas geográficas aproximadas son 2°52'00.0"S, 78°52'59.0"O.

Para la elaboración de harina de cáñaro se separó las semillas de la vaina, después se lavaron para eliminar impurezas y se escaldaron con agua caliente por un tiempo 5 minutos, se retiró manualmente la corteza de las semillas, se cortaron y pasaron a un deshidratador de bandejas Tecnopast Siemens. El secado se llevó a cabo a temperaturas de 50 °C y 60 °C alrededor de 12 horas para posteriormente ser pulverizado y tamizado, utilizando tamices metálicos estándar W.S. Tyler® (ASTM E-11), No. 120 (125 µm) y No. 200 (75 µm), obteniendo así una harina con tamaño de partícula menor a 125 µm (Silva Gama, 2020).

2.2. Caracterización de la materia prima

Para la caracterización de la materia prima, se analizó la composición proximal del almidón de achira y la harina de cáñaro, siguiendo los procedimientos establecidos por la Association of Official Analytical Chemists (AOAC) en las normas 920.87, 920.85, 942.05 y 925, para la determinación de proteína, grasas, ceniza y humedad, respectivamente. Los análisis se realizaron por triplicado.

2.2.1 Determinación del perfil de almidones de harinas y gel

Para determinar el contenido de almidón total y dañado de las muestras de cáñaro y achira, se empleó el procedimiento establecido en el kit para almidón total (K-TSTA). Mientras tanto, la digestibilidad del almidón se realizó siguiendo el protocolo del kit K-DSTRS, ambos proporcionados por Megazyme (2024). Estos procedimientos también fueron aplicados en las muestras liofilizadas de los geles.

2.3 Formulación del gel energético

En una primera etapa, se realizaron formulaciones preliminares (Ver Anexo 1) basado en Salvador Polito (2022), con un enfoque de ensayo y error. Estas pruebas permitieron evaluar el comportamiento de las mezclas, efecto de las proporciones de almidón de achira

y harina de cáñaro. A partir de los resultados obtenidos, se aplicó un diseño de mezclas con el objetivo de optimizar la formulación final y determinar las proporciones más adecuadas de almidón de achira y harina de cáñaro para el desarrollo del producto. Se desarrollaron cinco formulaciones experimentales variando las proporciones de almidón de achira y harina de cáñaro. La composición de cada formulación se presenta en la tabla 1, donde se denomina C a la harina de cáñaro y A al almidón de achira.

Tabla 1.

Diseño de mezclas aplicado para la formulación de geles energéticos.

Formulación	Agar-agar (g)	Maltodextrina (g)	Harina de cáñaro (g)	Almidón de achira (g)	Agua (mL)
FC100	0,015	0,45	7,04	0,00	45
FA100	0,015	0,45	0,00	7,04	45
FC50/A50	0,015	0,45	3,52	3,52	45
FC75/A25	0,015	0,45	5,28	1,76	45
FC25/A75	0,015	0,45	1,76	5,28	45

Abreviaciones: Formula FC100 con sustitución de 100% de cáñaro, FA100 formula con sustitución de 100% almidón de achira, FC50/A50 formula con sustitución de 50% de cáñaro 50% de achira, FC75/A25 formula con sustitución 75% de cáñaro y 25% de achira, FC25/A75 formula con sustitución 25% de cáñaro y 75 % de achira

Para la elaboración del gel, se mezcló la harina de cáñaro, almidón de achira y agua durante 20 segundos a velocidad de 150 rpm, con ayuda de un agitador magnético con placa calefactora modelo MS300HS de la marca Mtops. A continuación, se agregaron los gelificantes (maltodextrina y agar-agar) previamente pesados y se mezclaron durante 20 segundos a la misma velocidad. Luego, se llevó la mezcla a un calentamiento de 90 °C durante 10 minutos, manteniendo una agitación suave a velocidad 120 rpm. Una vez transcurrida la fase de calentamiento, se vertió la mezcla en tubos Falcon de 50 ml , que se cerraron herméticamente y se dejaron reposar durante 24 horas y a 4 ° C (Lima et al., 2020).

2.4 Índice glicémico del gel energético

Para investigar la cinética de hidrólisis e índice glucémico (pGI) de geles de almidón de achira y harina de cáñaro, primero se realizó un ensayo de digestión enzimática en el que se pesaron 0,5 g de muestra en un vaso de precipitación. Se agregaron 0,5 mL de etanol al 95% y 17,5 mL de buffer de maleato de sodio 50 mM. La mezcla se incubó a 37 °C con agitación a 170 rpm. Posteriormente, se añadieron 2,5 mL de solución de Amilasa pancreática/Amiloglucosidasa (PAA/AMG) y se tomaron alícuotas cada 30 minutos durante 2 horas. A cada alícuota se le agregaron 3 mL de glucosa oxidasa peroxidasa

(GOPOD) e incubaron a 50 °C durante 20 minutos, con la determinación de un blanco y un estándar. Finalmente, se colocaron las muestras en placas para medir la absorbancia a 510 nm (Megazyme, 2024).

El índice de hidrólisis (HI) se expresó como la relación entre el área bajo la curva de hidrólisis (AUC) de las muestras y el AUC del pan blanco (una referencia estándar para calcular el pGI). Luego, el pGI se obtuvo del HI según la ecuación, $pGI = 39,71 + 0,549HI$ se aplicó un modelo cinético de primer orden para la reacción hidrolítica $[C=C\infty (1-e^{-kt})]$ como lo especifica Goñi et al. (1997), donde C, $C\infty$ y k representan el porcentaje de almidón hidrolizado en el tiempo t, el grado máximo de hidrólisis y la constante cinética, respectivamente.

2.5 Análisis del gel energético

Perfil de Textura

El análisis del perfil de textura del gel de achira con cáñaro se realizó utilizando un analizador de textura (TA-XT Plus), siguiendo el procedimiento establecido por Zhang et al. (2019). Este consistió en cortar las muestras de gel en forma de cilindros con un diámetro de 25 mm y una altura de 20 mm. Posteriormente, se sometieron a un grado de compresión del 40%, estableciendo una velocidad de 2 mm/s tanto antes como después de la prueba, mientras que la velocidad durante la prueba se mantuvo constante en 1 mm/s. La fuerza máxima de penetración fue medida en gramos.

Determinación del color del gel

Para la determinación del color del gel, se utilizó un colorímetro (Lovibond® RM200, Alemania), que midió este parámetro en la escala CIE L.a.b*. En esta escala, (L) indicaba la luminosidad, es decir, la claridad u oscuridad del color; (a) representa el componente de tono rojo/verde, describiendo la posición del color en el eje rojo-verde; y (b) corresponde al componente de tono amarillo/azul, que representa la posición del color en el eje amarillo-azul (Sarmiento-Rubiano et al., 2023).

Análisis sensorial del producto

Se aplicó un análisis sensorial, valorado con una escala hedónica de cinco puntos, al gel energético que presentó el mayor índice glicémico, que incluyó los ítems: me gusta mucho (5), me gusta (4), ni me gusta ni me disgusta (3), me disgusta (2) y me disgusta

mucho (1), similar a la escala utilizada en un estudio por Sarmiento-Rubiano et al. (2023). La encuesta se aplicó a 60 personas. Los parámetros evaluados en este análisis fueron el color, olor, sabor, textura y la aceptabilidad general.

2.6 Análisis estadístico

Todos los análisis se llevaron a cabo en tres repeticiones, y los resultados se presentaron como promedios $\pm$ desviación estándar (DE). Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) a todos los experimentos, seguido de la prueba post hoc de Tukey, considerando un valor p inferior a $\alpha = 0,05$ para las comparaciones entre las medias.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1 Análisis de la composición proximal de los almidones y harinas.

En la Tabla 2 se evidencian diferencias estadísticas notables entre el almidón de achira y la harina de cáñaro. El almidón de achira se caracteriza por un contenido de carbohidratos 1,3 veces mayor que el de la harina de cáñaro y una humedad 2,4 veces superior. En contraste, la harina de cáñaro destaca por su alto valor nutricional, con un contenido de proteínas 22 veces mayor que el del almidón y un contenido de cenizas indicador de minerales 14,5 veces más elevado. Aunque ambos ingredientes presentan un bajo contenido de grasa, el análisis estadístico indicó que no existen diferencias significativas entre ellos.

Tabla 2.

Composición proximal en base seca del almidón de achira y harina de cáñaro.

Parámetro	Almidón Achira	Harina de Cáñaro
Carbohidratos (%)	80,87 ± 0,31 ^a	62,14 ± 2,51 ^b
Humedad (%)	16,74 ± 0,267 ^a	6,893 ± 0,155 ^b
Proteínas (%)	1,09 ± 0,20 ^b	24,86 ± 2,25 ^a
Cenizas (%)	0,37 ± 0,032 ^b	5,38 ± 0,068 ^a
Grasas (%)	1,12 ± 0,615 ^a	0,77 ± 0,285 ^a

Nota: Los datos se expresan como media ± desviación estándar de todas las mediciones realizadas por triplicado. Letras superíndices diferentes en una misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$) según la prueba de Tukey.

Los valores obtenidos en cuanto a las carbohidratos son semejantes a los que reportan estudios previos, donde el contenido de carbohidratos del cáñaro se determinó un valor de 78,31% por Daza et al. (2025) mientras que Quicaña Avilés (2014) alcanzó el 98,21% en la achira. Las posibles variaciones en los resultados se atribuyen a los métodos de extracción y metodologías de análisis utilizados.

El contenido de humedad del almidón de achira fue superior a la harina de cáñaro comparado con datos de la literatura, en el presente estudio se determinó un valor cercano al 7%, sin embargo, en la literatura se ha reportado valores de humedad de 11,86% (Daza et al., 2025), sugiriendo que la muestra en estudio tiene un menor contenido de agua, lo que podría influir en su estabilidad y almacenamiento.

El contenido de cenizas fue notablemente mayor en la harina de Cáñaro en comparación con el almidón de achira. Estos valores concuerdan con estudios previos, como el de Daza et al. (2025), donde se reportó un contenido de cenizas de 4,53 % en la harina de cáñaro, o por otro lado, (Pérez & Lares, 2005) reportan 0,32% de cenizas en el almidón de achira, siendo valores similares a los obtenidos en este estudio.

En cuanto a la fracción grasa, el análisis estadístico indicó que los valores obtenidos no son significativos, por lo tanto, ambos ingredientes presentan un contenido lipídico similar. Este hallazgo coincide con lo reportado por Daza et al. (2025), quienes encontraron un valor promedio de 0,78 % en harina de cáñaro y (Pérez & Lares, 2005) un 0,05% en el almidón de achira. Estos resultados confirman que ninguno de los dos ingredientes representa una fuente relevante de grasa en la formulación del gel energético.

Los valores de proteínas reportados en este trabajo son consistentes con lo señalado por Sandoval et al. (2021), quien reportó aproximadamente 25% de este macronutriente para la harina de cáñaro. En contraste, el almidón de achira presentó un contenido significativamente menor, semejante al 0,67% obtenido por (Pérez & Lares, 2005).

3.2 Evaluación de la Digestibilidad de Almidones de Achira y Cáñaro.

La digestibilidad de los almidones en la harina de cáñaro y el almidón de achira presenta marcadas diferencias en la velocidad y disponibilidad de sus componentes (Tabla 3). Mientras que la harina de cáñaro exhibe una alta proporción de almidón rápidamente digestibilidad, lo que indica una rápida liberación de glucosa, el almidón de achira se caracteriza por una mayor cantidad de almidón lentamente disponible, lo que sugiere una liberación prolongada de energía. En términos de almidón total digerible, el almidón de achira muestra 1,27 veces mayor en comparación con la harina de cáñaro lo que puede atribuirse a su estructura molecular y contenido de amilosa y amilopectina (Villarroel et al., 2018). Ambos ingredientes contienen cantidades similares de almidón resistente, Este tipo de almidón actúa como fibra dietética fermentable, alcanzando el colon donde promueve la producción de ácidos grasos de cadena corta, como el butirato, asociado a efectos positivos sobre la salud intestinal y la función inmunológica (Zaman & Sarbini, 2016; Topping y Clifton, 2001), lo que sugiere que pueden aportar beneficios digestivos relacionados con la salud intestinal. En general, estos resultados indican que el almidón de achira puede proporcionar una fuente de energía sostenida, mientras que la harina de cáñaro es más

adecuada para una liberación rápida de glucosa, lo que podría influir en su aplicación en productos energéticos según las necesidades del consumidor.

Tabla 3.*Digestibilidad del almidón de achira, harina de cañaro y las diferentes formulaciones del gel energético*

Parámetro	Almidón de achira	Harina de cañaro	FC100	FA100	FC50/A50	FC75/A25	FC25/A75
Almidón rápido disponible (RSD) (g/100 g)	28,61 ± 1,93 ^b	81,70 ± 0,85 ^c	53,16 ± 0,14 ^d	68,89 ± 1,08 ^c	62,79 ± 2,18 ^c	37,93 ± 0,97 ^a	34,31 ± 0,22 ^a
Almidón lentamente disponible (SDS) (g/100 g)	59,66 ± 2,47 ^c	0,35 ± 0,22 ^a	13,13 ± 1,35 ^d	1,66 ± 0,31 ^a	5,23 ± 0,34 ^b	22,63 ± 0,78 ^c	20,55 ± 0,45 ^d
Almidón total digerible (TDS) (g/100 g)	84,13 ± 1,19 ^a	66,20 ± 0,27 ^c	71,92 ± 0,04 ^d	79,48 ± 0,42 ^b	74,17 ± 0,24 ^c	68,27 ± 0,20 ^c	72,80 ± 0,49 ^d
Almidón resistente (RS) (g/100 g)	6,14 ± 0,01 ^d	5,68 ± 0,28 ^c	3,78 ± 0,27 ^c	9,33 ± 0,42 ^b	8,58 ± 0,19 ^a	4,12 ± 0,05 ^c	8,52 ± 0,89 ^a
Almidón total (ST) (g/100 g)	90,28 ± 1,20 ^c	71,88 ± 0,48 ^a	75,70 ± 0,23 ^b	88,80 ± 0,71 ^c	83,75 ± 1,94 ^d	72,39 ± 0,24 ^a	81,32 ± 1,09 ^c

Abreviaciones: Formula FC100 con sustitución de 100% de cañaro, FA100 formula con sustitución de 100% almidón de achira, FC50/50 formula con sustitución de 50% de cañaro 50% de achira, FC75/A25 formula con sustitución 75% de cañaro y 25% de achira, FC25/A75 formula con sustitución 25% de cañaro y 75 % de achira. Los datos se expresan como media ± desviación estándar de todas las mediciones realizadas por triplicado. Letras superíndices diferentes en una misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$) según la prueba de Tukey.

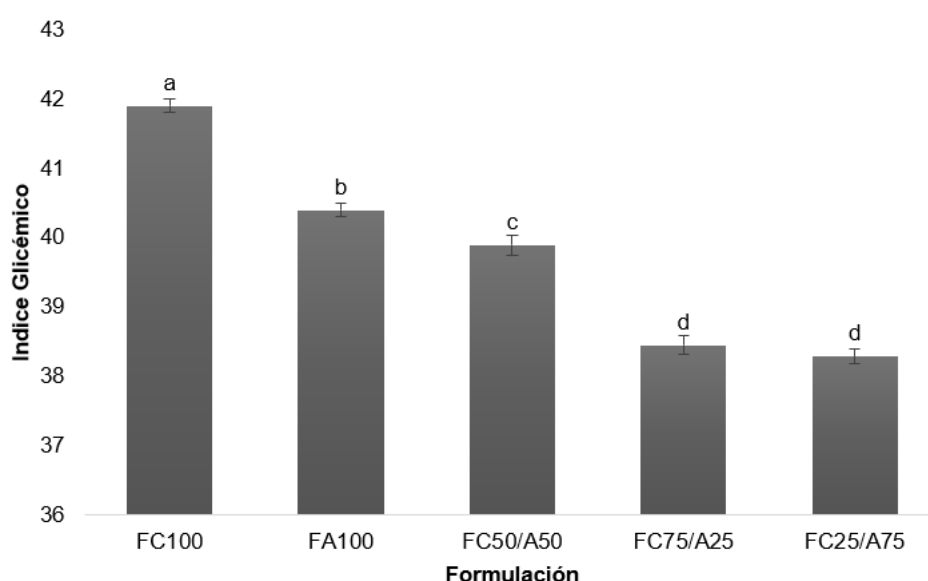
3.3 Evaluación de las propiedades del gel energético

3.3.1 Índice glicémico de los geles energéticos

En la figura 1 se presentan los valores del índice glicémico (IG) obtenidos para las cinco formulaciones evaluadas. Los valores oscilaron entre 41,9 (FC100) y 38,4 (FC25/A75), mostrando una tendencia decreciente entre las formulaciones.

Figura 1.

Resultado del índice glicémico evaluado en geles energéticos a base de harina de cáñaro y almidón de achira a diferentes proporciones.



Abreviaciones: Formula FC100 con sustitución de 100% de cáñaro, FA100 formula con sustitución de 100% almidón de achira, FC50/50 formula con sustitución de 50% de cáñaro 50% de achira, FC75/A25 formula con sustitución 75% de cáñaro y 25% de achira, FC25/A75 formula con sustitución 25% de cáñaro y 75 % de achira

El IG de las formulaciones evaluadas se encuentran en un rango de 38-42%, siendo similares a los reportado por Vega Soto et al. (2023) que obtuvo para harinas de lenteja crudas (IG = 41,5%), lo que sugiere que los ingredientes utilizados en la formulación poseen una digestión moderadamente lenta. En comparación con la haba cocida, reportada por Silva-Cristobal et al. (2007) con un IG de 28,8%, siendo inferior a lo obtenido en el presente estudios. Comparando con este último dato, las 5 formulaciones presentan un IG mayor indicando una mayor disponibilidad de glucosa en el tiempo evaluado. En el análisis de digestibilidad de las materias primas, se determinó que la harina de cáñaro poseía mayor

cantidad de almidón de rápida digestión, esto se puede corroborar con el comportamiento decreciente en el índice glicémico de las cinco formulaciones en donde FC100 e indican 100% y 0% de harina de cáñaro, respectivamente.

Los geles energéticos comerciales reportan habitualmente un índice glicémico elevado, con valores que oscilan entre 65 y 90, dependiendo de su composición, especialmente cuando están formulados con jarabes de glucosa, maltodextrina o sacarosa (Jeukendrup & Killer, 2011), en comparación, las formulaciones evaluadas en este estudio presentaron un IG en el rango de 38–42%, comparadas con las determinadas por Fernández et al. (2008) y Rothschild et al. (2016) que obtuvieron índices glicémicos de 88% y 70%, respectivamente, con ingredientes como maltodextrina, glucosa y almidón modificado de maíz.

3.3.2. Digestibilidad de los geles formulados

La Tabla 3 resume los resultados obtenidos del análisis de digestibilidad de las cinco formulaciones de gel evaluadas. Los datos reflejan la media y desviación estándar de las determinaciones realizadas por triplicado, permitiendo comparar el comportamiento digestivo de cada muestra con base en su composición y transformación durante el procesamiento.

Los resultados obtenidos son estadísticamente diferentes. La formulación FA100 presentó el mayor contenido de almidón de digestión rápida, junto con un bajo contenido de almidón de digestión lenta, lo que indica una alta disponibilidad de glucosa en las primeras etapas de la digestión, lo cual incrementa su accesibilidad (Zhang, 2009). En contextos deportivos, este perfil es favorable cuando se requiere un suministro energético inmediato (Jeukendrup & Gleeson, 2010).

En contraste, las formulaciones FC75/A25 y FC25/A75 presentaron los niveles más altos de almidón de digestión lenta, lo que sugiere una liberación glucémica más sostenida, ideal para mantener la energía durante esfuerzos prolongados. Esta mayor proporción podría estar asociada a una menor gelatinización o a una mayor retrogradación del almidón durante el procesamiento, generando estructuras menos accesibles para la acción enzimática (Zhang, 2009)

Por su parte, FC100 mostró un comportamiento intermedio, con una combinación de almidón de digestión rápida y lenta. Este perfil sugiere una liberación mixta de glucosa, combinando un aporte inicial rápido con una fracción de digestión más sostenida, lo cual podría ser ventajoso para esfuerzos físicos de duración media o como parte de estrategias de recuperación. Además, su menor contenido de almidón resistente respecto a otras formulaciones indica una mayor digestibilidad global.

En conjunto, estos resultados reflejan cómo la formulación y el procesamiento determinan la estructura y funcionalidad del almidón, FA100 es más adecuada para esfuerzos de alta intensidad que demandan energía inmediata, mientras que FC75/A25 y FC25/A75 serían preferibles en escenarios que requieren una liberación energética más sostenida. FC100, al presentar un perfil mixto, representa una opción versátil en términos de respuesta glucémica y funcionalidad energética.

Las diferencias observadas en la velocidad de digestión entre las formulaciones se explican en gran parte por la naturaleza estructural de los almidones utilizados. El almidón de achira, al ser rico en amilosa, presenta una mayor propensión a retrogradarse durante el enfriamiento posterior a la gelatinización, formando estructuras menos accesibles a las enzimas digestivas (Zhang & Hamaker, 2009; León et al., 2021). Esto contribuye a un aumento en las fracciones de almidón de digestión lenta y resistente, como se observó en las formulaciones FC75/A25 y FC25/A75. En contraste, la harina de cáñaro contiene almidones con menor contenido de amilosa y una estructura más desorganizada (Tester, Karkalas & Qi, 2004). La combinación de estos factores estructurales y procesales explica la digestibilidad diferencial entre las formulaciones y justifica la respuesta glucémica observada.

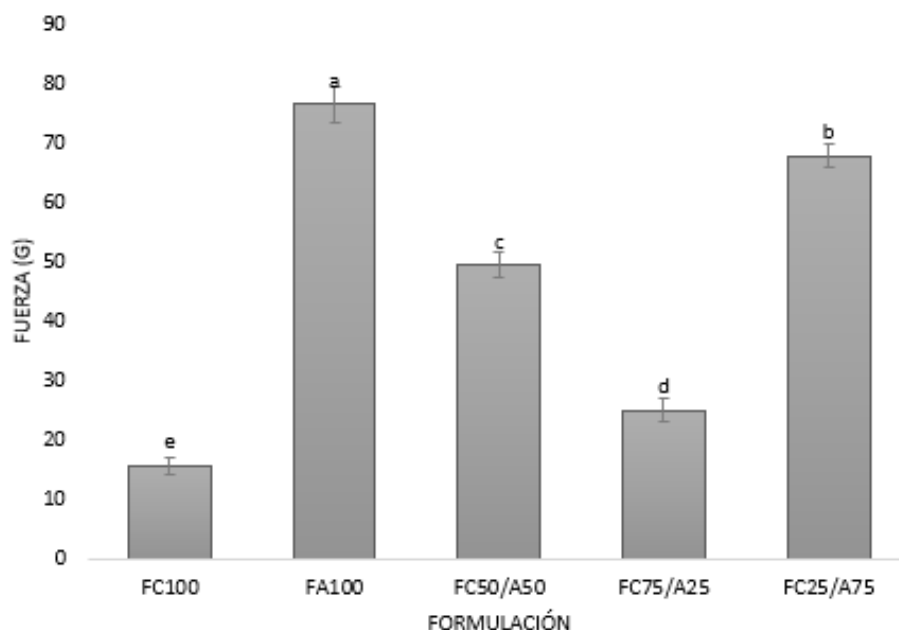
3.3.3 Perfil de textura de los geles energéticos

En la Figura 2 se observa el análisis del perfil de textura de las formulaciones de gel energético, donde se evidencian diferencias significativas en los valores de dureza (fuerza, N). Las formulaciones FA100 y FC25/A75 presentaron los mayores niveles de resistencia a la deformación, mientras que FC100 mostró la menor dureza entre todas las evaluadas. Este comportamiento sugiere que la composición de cada formulación influye directamente en la capacidad del gel para formar una matriz estructural estable. En términos cuantitativos, los valores de dureza oscilaron entre 0,15 y 0,75 N, siendo FA100 la formulación con mayor firmeza. Este resultado es comparable con lo reportado por Baroyi

et al. (2023), quienes analizaron la dureza de geles formulados con aislado de proteína de guisante, considerando la dureza como un indicador clave de la resistencia mecánica y la cohesividad interna de la red del gel.

Figura 2.

Determinación de la fuerza en gramos de los 5 geles con diferente formulación.



Abreviaciones: Formula FC100 con sustitución de 100% de cáñaro, FA100 formula con sustitución de 100% almidón de achira, FC50/50 formula con sustitución de 50% de cáñaro 50% de achira, FC75/A25 formula con sustitución 75% de cáñaro y 25% de achira, FC25/A75 formula con sustitución 25% de cáñaro y 75 % de achira.

Las variaciones en la dureza entre formulaciones pueden atribuirse a las diferentes proporciones de harina de cáñaro y almidón de achira, ingredientes que aportan propiedades estructurales distintas. La harina de cáñaro, rica en proteínas y fibras, tiende a formar una red menos cohesiva cuando se utiliza en concentraciones elevadas sin un agente gelificante complementario. Esto explicaría la baja firmeza en FC100, donde la ausencia de almidón limita la formación de enlaces estructurales fuertes. Por otro lado, el almidón de achira, con alto contenido de amilosa, favorece la gelatinización y la retrogradación, procesos que refuerzan la matriz del gel (Biduski et al., 2018). En FC25/A75, la interacción entre las proteínas del cáñaro y el almidón de achira podría haber generado una red tridimensional más estable, optimizando tanto la capacidad de retención de agua como la cohesividad interna. Estos hallazgos concuerdan con estudios previos que demuestran que la sinergia entre carbohidratos complejos y proteínas vegetales puede mejorar significativamente las propiedades texturales de sistemas gelificados (Jarpa-Parra, 2023).

3.3.4 Evaluación del color en los geles energéticos

En la tabla 4 se observan los resultados de los parámetros de color medidos en la escala CIELAB (L^* , a^* , b^*), donde se evidencian diferencias en la tonalidad de los geles energéticos según la proporción de harina de cáñaro y almidón de achira. En cuanto al parámetro L^* , que indica la luminosidad, no se observaron diferencias significativas entre formulaciones, manteniéndose valores entre 58,66 y 63,64, lo cual sugiere que todas las muestras presentaron una apariencia relativamente clara. El componente a^* , asociado a la intensidad del tono rojo-verde, mostró valores negativos en todas las formulaciones, lo que indica una ligera tendencia hacia el verde; sin embargo, FC25/A75 presentó una diferencia estadística significativa respecto a las demás, con un valor más cercano a cero ($-1,14$), lo que indica una tonalidad menos verdosa, posiblemente atribuible a la baja presencia de componentes vegetales del cáñaro. Por otro lado, el valor b^* , que representa la intensidad del color amarillo, fue mayor en las formulaciones con alto contenido de cáñaro (FC100), alcanzando máximos de hasta 17,26, mientras que FC75/A25 registró el valor más bajo (12,40), diferencia estadísticamente significativa. Estos resultados sugieren que la harina de cáñaro aporta pigmentos que intensifican los tonos amarillos del gel, mientras que el almidón de achira contribuye a una tonalidad más neutra y pálida (Cerón Mosquera et al., 2016), sin embargo, en la combinación de diversas proporciones de estos componentes se muestra un comportamiento no lineal.

En el presente estudio se logró valores entre 58 a 63; $-1,14$ a $-1,63$ y 12,40 a 17,26 para los parámetros L , a y b , respectivamente. Por otro lado, en otras investigaciones como la de Chen et al. (2024) donde analiza el color de un gel aislado de proteína de guisante en la que obtiene valores de L , a y b de 50,20; 2,17; 14,04, equitativamente. En cambio, Baroyi et al. (2023) analizó geles energéticos a partir de un dátiles cultivares logrando valores próximos de 32,4; 4,3 y 6,7 para los parámetros de color respectivamente. Sugiriendo que estos parámetros difieren en sus valores debido a los diversos ingredientes utilizados los cuales proporcionan colores y tonalidades específicas.

Tabla 4.*Parámetros del color determinados de las 5 formulaciones diferentes del gel energético.*

Formulación	Escala CIELAB de Color		
	L	a	b
FC100	61,70 ± 2,07 ^a	-1,62 ± 0,18 ^a	17,26 ± 0,56 ^b
FA100	63,64 ± 0,41 ^a	-1,42 ± 0,034 ^a	17,17 ± 0,24 ^b
FC50/A50	62,53 ± 1,40 ^a	-1,58 ± 0,03 ^a	16,65 ± 0,70 ^b
FC75/A25	60,25 ± 1,16 ^a	-1,54 ± 0,06 ^a	12,40 ± 0,57 ^a
FC25/A75	58,66 ± 2,31 ^a	-1,14 ± 0,04 ^b	15,57 ± 0,94 ^b

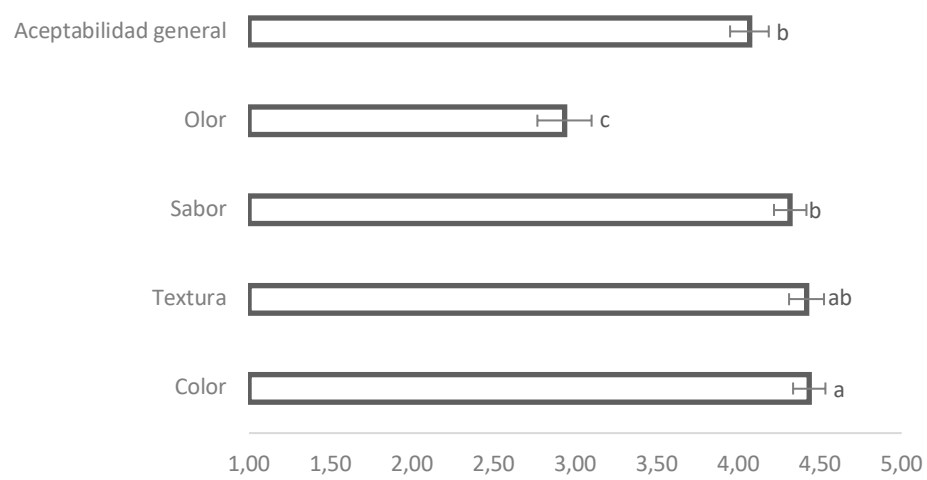
Abreviaciones: Formula FC100 con sustitución de 100% de cañaro, FA100 formula con sustitución de 100% almidón de achira, FC50/50 formula con sustitución de 50% de cañaro 50% de achira, FC75/A25 formula con sustitución 75% de cañaro y 25% de achira, FC25/A75 formula con sustitución 25% de cañaro y 75 % de achira. Los datos se expresan como media ± desviación estándar de todas las mediciones realizadas por triplicado. Letras superíndices diferentes en una misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$) según la prueba de Tukey.

3.3.5 Análisis sensorial del gel energético FC100

El gel energético con un índice glicémico de aproximadamente 40% obtuvo una evaluación positiva en la prueba afectiva de 5 puntos. Los atributos de color, textura y sabor fueron bien valorados, con promedios superiores a 4; destacándose el color con la calificación más alta ($4,43 \pm 0,10$). La aceptabilidad general también fue favorable ($4,07 \pm 0,12$), reflejando una buena percepción global del producto. Sin embargo, el olor recibió la puntuación más baja ($2,93 \pm 0,17$), lo que indica una posible oportunidad de mejora en este aspecto sensorial, este último parámetro se puede contrastar con lo determinado por Sánchez Chero et al. (2019) que determinó un rechazo del 20% en el atributo olor en una prueba de aceptabilidad sensorial de productos derivados del chachafruto, esto debido a los compuestos volátiles de esta planta.

Figura 3.

Resultado de la prueba afectiva de cinco puntos del gel energético con la FC100.



CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES

El desarrollo del gel energético a partir de almidón de achira y harina de cáñaro permitió obtener un producto funcional con propiedades nutricionales y fisicoquímicas destacadas. La caracterización de las materias primas evidenció que el almidón de achira es una fuente rica en carbohidratos de digestión lenta, mientras que la harina de cáñaro presenta un alto contenido de proteína, buena digestibilidad y una cantidad significativa de almidón de digestión rápida, características que permiten complementar el perfil energético del producto.

El índice glicémico de las formulaciones se mantuvo dentro de un rango moderado, lo que sugiere que los geles formulados podrían ofrecer una liberación sostenida de energía en comparación con productos comerciales de alta respuesta glucémica. Además, el análisis del perfil de almidones de los geles mostró diferencias marcadas en la proporción de almidón de digestión rápida, lenta y resistente, en función de las proporciones de los ingredientes utilizados.

Respecto a la textura, se observó que la dureza del gel puede ser modulada mediante la variación de la proporción de harina de cáñaro, siendo este un factor clave en la firmeza estructural del producto. En cuanto al color, las formulaciones presentaron tonalidades similares con variaciones leves relacionadas con los componentes empleados. La evaluación sensorial reveló una buena aceptación general de la formulación FC100, especialmente en atributos como color, sabor y textura, aunque se identificó una oportunidad de mejora en el atributo olor.

REFERENCIAS

- Baroyi, S. A. H. M., Yusof, Y. A., Ghazali, N. S. M., Al-Awaadh, A. M., Kadota, K., Mustafa, S., Abu Saad, H., Shah, N. N. A. K., & Fikry, M. (2023). Determination of Physicochemical, Textural, and Sensory Properties of Date-Based Sports Energy Gel. *Gels*, 9(6), Article 6. <https://doi.org/10.3390/gels9060487>
- Biduski, B., Silva, W. M. F. da, Colussi, R., Halal, S. L. de M. E., Lim, L.-T., Dias, Á. R. G., & Zavareze, E. da R. (2018). Starch hydrogels: The influence of the amylose content and gelatinization method. *International Journal of Biological Macromolecules*, 113, 443–449. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.02.144>
- Cárdenas, S. E. (2012). El Pajuro (*Erythrina edulis*) alimento andino en extinción. *Investigaciones Sociales*, 16(28), 97–104. <https://doi.org/10.15381/is.v16i28.7389>
- Cerón Mosquera, A. R., Cajiao, E., Bustamante, L., & Samuel, H. (2016). Efecto de la Gelatinización de Harina de Yuca sobre las Propiedades Mecánicas, Térmicas y Microestructurales de una Matriz Moldeada por Compresión. *Información tecnológica*, 27. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642016000400006>
- Chen, Q., Guan, J., Wang, Z., Wang, Y., Wang, X., & Chen, Z. (2024). Improving the Gelation Properties of Pea Protein Isolates Using Psyllium Husk Powder: Insight into the Underlying Mechanism. *Foods*, 13(21), 3413. <https://doi.org/10.3390/foods13213413>
- Daza, L. D., Umaña, M., & Eim, V. S. (2025). Effect of the addition of Chachafruto flour on the stability of oil-in-water emulsions and the physicochemical properties of spray-drying microcapsules. *Food Chemistry*, 462, 141025. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.141025>

- Espinoza Córdova, G. (2018). *Análisis químico proximal de granos y harina de “Pajuro” (Erythrina edulis) y elaboración de una bebida proteica con sabor a chocolate*.
<https://repositorio.upch.edu.pe/handle/20.500.12866/3764>
- Fernández, J. M., López Miranda, J., & Pérez Jiménez, F. (2008). Índice glucémico y ejercicio físico. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 1(3), 116–124.
- Goñi, I., Garcia-Alonso, A., & Saura-Calixto, F. (1997). A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. *Nutrition Research*, 17(3), 427–437.
[https://doi.org/10.1016/S0271-5317\(97\)00010-9](https://doi.org/10.1016/S0271-5317(97)00010-9)
- Jarpa-Parra, M. (2023). Geles de proteínas vegetales y polisacáridos como sistema de transporte en alimentos: Una revisión narrativa breve. *REVISTA CIENTÍFICA CUADERNOS DE INVESTIGACIÓN*, 1, 1–16.
<https://doi.org/10.59758/rcci.2023.1.e20>
- Jeukendrup, A. E., & Killer, S. C. (2011). The Myths Surrounding Pre-Exercise Carbohydrate Feeding. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 57(Suppl. 2), 18–25.
<https://doi.org/10.1159/000322698>
- Jeukendrup, A., & Gleeson, M. (2010). *Sport Nutrition: An Introduction to Energy Production and Performance*. <https://us.humankinetics.com/products/sport-nutrition>
- Lima, J., Santos, I., & Fanaro, G. (2020). *Desenvolvimento de gel de carboidrato a partir de buriti*. 2, 3–9.
- Megazyme. (2024). Megazyme. <https://www.megazyme.com/>
- Mohd Baroyi, S. A. H., Yusof, Y. A., Mohamad Ghazali, N. S., Al-Awaadh, A., Fikry, M., Kazunori, K., Mustafa, S., Abu Saad, H., & Abdul Karim, S. (2022). An overview of the key ingredients commonly utilized in commercially available sports energy gels. *e-Proceeding International Conference on Food and Industrial Crops*.

<http://psasir.upm.edu.my/id/eprint/79493/1/e->

[Proceeding%20ICFIC2022%20%282%29.pdf#page=100](#)

Olivos, C., Cuevas, A., Álvarez, V., & Jorquera, C. (2012). Nutrición Para el Entrenamiento y la Competición. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 23(3), Article 3. [https://doi.org/10.1016/S0716-8640\(12\)70308-5](https://doi.org/10.1016/S0716-8640(12)70308-5)

Oviedo Soler, I. (2014). *Desarrollo de un nuevo producto para deportistas* [Universitat Politecnica de Valencia]. <http://polipapers.upv.es/index.php/IA/article/view/3293>

Pérez, E., & Lares, M. (2005). Chemical Composition, Mineral Profile, and Functional Properties of Canna (*Canna edulis*) and Arrowroot (*Maranta spp.*) Starches. *Plant Foods for Human Nutrition*, 60(3), 113–116. <https://doi.org/10.1007/s11130-005-6838-9>

Quicaña Avilés, Z. L. (2014). *Extracción y caracterización del almidón de achira (Canna edulis)*. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2269>

Salvador Polito, C. (2022). *Desarrollo y caracterización de geles energéticos con incorporación de harina de algarroba*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/188809>

Sánchez Chero, M. J., Sánchez Chero, J. A., & Miranda Zamora, W. (2019). Tecnificar y conservar los componentes bioactivo del Pashul (*Erythrina edulis*) para el consumo humano. *UCV Hacer*, 8(2), 11–17. <https://doi.org/10.18050/RevUCVHACER.v8n2a1>

Sánchez Torres, G. (2017). *Desarrollo y caracterización de geles a base de espirulina y chía para deportistas. Estudio del plan comercial*. [Universidad Politécnica de Valencia]. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/86925/S%c3%81NCHEZ%20-%20Desarrollo%20y%20caracterizaci%c3%b3n%20de%20geles%20a%20base%20de%20espirulina%20y%20ch%c3%ada%20para%20deportistas.%20Est....pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Sarmiento-Rubiano, L. A., Sequeira, M. L., Yépez, K. P., Becerra, J. E., Cobos, R. R., & Marengo, M. S. (2023). *Desarrollo de un endulzante natural a base de yacón (Smilax sonchifolius) y su evaluación sensorial.*
- Silva Gama, G. (2020). *Evaluación de la harina de chachafruto como ingrediente para la elaboración de un producto de panadería libre de gluten* [Universidad Nacional de Colombia].
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/77707/Tesis%20Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20harina%20de%20chachafruto%20como%20ingrediente%20en%20la%20elaboraci%C3%B3n%20de%20un%20producto%20de%20panader%C3%ADa%20libre%20de%20guten..pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Silva-Cristóbal, L., Osorio-Díaz, P., & Bello-Pérez, L. A. (2007). Digestibilidad del almidón en haba (*Vicia faba* L.). *Agrociencia*, 41(8), 845–852.
- Vega Soto, C., Pérez-Bravo, F., Mariotti-Celis, M. S., Vega Soto, C., Pérez-Bravo, F., & Mariotti-Celis, M. S. (2023). Cantidad, estabilidad y digestibilidad de hidratos de carbono tras el proceso de extrusión: Impacto sobre el índice glicémico de harinas de consumo habitual en Chile. *Revista chilena de nutrición*, 50(2), 233–241.
<https://doi.org/10.4067/s0717-75182023000200233>
- Velgarin López, A. G. V. (2021). *Utilización de hojuelas de harina de chachafruto para un yogurt mix* [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/15539/1/27T00492.pdf>
- Villarroel, P., Gómez, C., Vera, C., Torres, J., Villarroel, P., Gómez, C., Vera, C., & Torres, J. (2018). Almidón resistente: Características tecnológicas e intereses fisiológicos. *Revista chilena de nutrición*, 45(3), 271–278. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182018000400271>

Zhang, G. (2009). *Slow digestion property of native cereal starches*.
<https://doi.org/10.1021/bm060487a>

Zhang, H., Xiong, Y., Bakry, A. M., Xiong, S., Yin, T., Zhang, B., Huang, J., Liu, Z., & Huang, Q. (2019). Effect of yeast β -glucan on gel properties, spatial structure and sensory characteristics of silver carp surimi. *Food Hydrocolloids*, 88, 256–264.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.10.010>

ANEXOS

Anexo 1

Formulaciones preliminares para el desarrollo del gel energético.

Previo a la definición de la formulación final del gel energético, se realizaron diferentes pruebas preliminares para evaluar el comportamiento de las mezclas, efecto de las proporciones de almidón de achira y harina de cáñaro. Estas pruebas se basaron en un ensayo de prueba y error, ajustando las cantidades de ingredientes hasta determinar las proporciones para el desarrollo del producto. Se emplearon distintas escalas de formulación para observar el comportamiento de los ingredientes en diferentes cantidades. Los resultados de estas pruebas permitieron seleccionar la formulación adecuada para los análisis posteriores.

Formulación 1

Formulación	Agar-agar (g)	Maltodextrina (g)	Harina Cáñaro (g)	Almidón Achira (g)	Agua (mL)	Total (g)
1	0.2	6.0	93.80	0.00	50	100
2	0.2	6.0	0.00	93.80	50	100
3	0.2	6.0	46.90	46.90	50	100
4	0.2	6.0	70.35	23.45	50	100
5	0.2	6.0	23.45	70.35	50	100

Formulación 2

Formulación	Agar-agar (g)	Maltodextrina (g)	Harina Cáñaro (g)	Almidón Achira (g)	Agua (mL)	Total (g)
1	0.06	1.80	28.14	0.00	30	30
2	0.06	1.80	0.00	28.14	30	30
3	0.06	1.80	14.07	14.07	30	30
4	0.06	1.80	21.10	7.03	30	30
5	0.06	1.80	7.03	21.10	30	30

Formulación 3

Formulación	Agar-agar (g)	Maltodextrina (g)	Harina Cáñaro (g)	Almidón Achira (g)	Agua (mL)
1	0.015	0.45	7.04	0.00	45
2	0.015	0.45	0.00	7.04	45
3	0.015	0.45	3.52	3.52	45
4	0.015	0.45	5.28	1.76	45
5	0.015	0.45	1.76	5.28	45

Formulación 4

Formulación	Agar-agar (g)	Maltodextrina (g)	Harina Cáñaro (g)	Almidón Achira (g)	Agua (mL)
1	0.0075	0.225	3.52	0.00	22.5
2	0.0075	0.225	0.00	3.52	22.5
3	0.0075	0.225	1.76	1.76	22.5
4	0.0075	0.225	2.64	0.88	22.5
5	0.0075	0.225	0.88	2.64	22.5

Nota: Estas pruebas preliminares permitieron observar que las formulaciones con un total de sólidos entre 7 y 8 g por cada 45 mL de agua presentaban mejor textura, y estabilidad. Así se definió la formulación final utilizada en los análisis físicoquímicos y sensoriales.

Anexo 2

Encuesta aplicada para realizar la prueba afectiva.

Prueba afectiva - Gel Energético

A continuación se presenta un gel formulado a partir de productos ancestrales como harina de cáñaro y almidón de achira. Por favor seleccione de acuerdo a su criterio la valoración correspondiente a cada parámetro. Tómese el tiempo necesario para evaluar cada uno. Muchas gracias por su tiempo y colaboración.

christianito5524@es.uazuay.edu.ec [Cambiar de cuenta](#)

No compartido

Seleccione una opción del 1 al 5 cada atributo, de acuerdo con lo indicado en la escala hedónica (siendo "1" la valoración más baja y "5" la valoración más alta)



Me disgusta mucho
1



Me disgusta
2



Ni me gusta ni
me disgusta
3



Me gusta
4



Me gusta mucho
5

	1	2	3	4	5
Olor	☐	☐	☐	☐	☐
Sabor	☐	☐	☐	☐	☐
Textura	☐	☐	☐	☐	☐
Color	☐	☐	☐	☐	☐
Aceptabilidad general	☐	☐	☐	☐	☐

