



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



INSTITUTO DE INGENIERÍA DE
ALIMENTOS PARA EL DESARROLLO

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Instituto Universitario de Ingeniería de Alimentos para
el Desarrollo

DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN DE GELES
ENERGÉTICOS CON INCORPORACIÓN DE HARINA DE
ALGARROBA

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Ciencia e Ingeniería de los Alimentos

AUTOR/A: Salvador Polito, Clara

Tutor/a: Albors Sorolla, Ana María

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022

DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN DE GELES ENERGÉTICOS CON INCORPORACIÓN DE HARINA DE ALGARROBA

C. Salvador Polito, A.M. Albors Sorolla

RESUMEN

El objetivo del presente proyecto es el desarrollo de geles energéticos para deportistas formulados a base de harina de algarroba. Estos productos tienen el objetivo de aportar una gran cantidad de energía en pequeñas dosis durante la realización de ejercicio físico intenso. Se ha abordado el desarrollo de geles a base de componentes naturales tales como la harina de algarroba, sirope de agave y miel que permitan obtener un alto contenido energético a base de carbohidratos y un aporte nutricional adecuado, manteniendo unas características organolépticas aceptables. Durante el estudio se llevaron a cabo formulaciones de geles con distintos porcentajes de agar-agar, maltodextrina y goma Xantana para obtener la textura adecuada a su forma de consumo. En primer lugar, se ha realizado una caracterización de la harina de algarroba evaluando su capacidad de retención de agua, capacidad de absorción de grasa, capacidad de hinchamiento y la concentración mínima de gelificación. En segundo lugar, se procedió a la preparación de distintas formulaciones de geles sobre los cuales se determinó: pH, Brix, color y textura. Así mismo, se analizaron dichas propiedades en geles comerciales con el objeto de contrastar los resultados de los geles obtenidos. Por último, se llevó a cabo un análisis sensorial de las 2 formulaciones con mejores características frente a un gel comercial con objeto de conocer la aceptabilidad de los mismos. El presente estudio ha permitido una primera aproximación a la formulación de geles para deportistas a base de harina de algarroba con gran aporte energético y buenas propiedades organolépticas en una dosis mínima pensada para la toma durante la realización de ejercicio físico.

PALABRAS CLAVE: harina de algarroba, gel, deporte, color, textura

DESENVOLUPAMENT I CARACTERITZACIÓ DE GELS ENERGÈTICS AMB INCORPORACIÓ DE FARINA DE GARROFA

C. Salvador Polito, A.M. Albors Sorolla

RESUM

L'objectiu del present projecte és el desenvolupament de gels energètics per a esportistes formulats a base de farina de garrofa. Aquests productes tenen l'objectiu d'aportar una gran quantitat d'energia en petites dosis durant la realització d'exercici físic intens. S'ha abordat el desenvolupament de gels a base de components naturals com ara la farina de garrofa, xarop d'atzavara i mel que permetin obtenir un alt contingut energètic a base de carbohidrats i una aportació nutricional adequada, mantenint unes característiques organolèptiques acceptables. Durant l'estudi es van dur a terme formulacions

de gels amb diferents percentatges d'agar-agar, maltodextrina i goma Xantana per a obtenir la textura adequada a la seva forma de consum. En primer lloc, s'ha realitzat una caracterització de la farina de garrofa avaluant la seva capacitat de retenció d'aigua, capacitat d'absorció de greix, capacitat d'inflament i la concentració mínima de gelificació. En segon lloc, es va procedir a la preparació de diferents formulacions de gels sobre els quals es va determinar: pH, Brix, color i textura. Així mateix, es van analitzar aquestes propietats en gels comercials a fi de contrastar els resultats dels gels obtinguts. Finalment, es va dur a terme una anàlisi sensorial de les 2 formulacions amb millors característiques enfront d'un gel comercial a fi de conèixer l'acceptabilitat d'aquests. El present estudi ha permès una primera aproximació a la formulació de gels per a esportistes a base de farina de garrofa amb gran aportació energètica i bones propietats organolèptiques en una dosi mínima pensada per a la presa durant la realització d'exercici físic.

PARAULES CLAU: farina de garrofa, gel, esport, color, textura

DEVELOPMENT AND CHARACTERIZATION OF ENERGY GELS WITH CAROB FLOUR INCORPORATION

C. Salvador Polito, A.M. Albors Sorolla

ABSTRACT

The purpose of this project is the development of energy gels for athletes formulated with carob flour for athletes formulated with carob flour. These products are intended to provide a large amount of energy in small doses during intense physical exercise. The development of gels based on natural components such as carob flour, agave syrup and honey has been approached in order to obtain a high energy content based on carbohydrates and an adequate nutritional contribution, while maintaining acceptable organoleptic properties. During the study, formulations of gels with different percentages of agar-agar, maltodextrin and Xanthan gum were carried out to obtain the appropriate texture for their form of consumption. Firstly, the carob flour was characterized by evaluating its water retention capacity, fat absorption capacity, swelling capacity and minimum gelling concentration. Secondly, different formulations of gels were prepared and their pH, Brix, color and texture were determined. Likewise, these properties were analyzed in commercial gels in order to contrast the results of the gels obtained. Finally, sensory analysis of the 2 formulations with the best characteristics compared to a commercial gel was carried out in order to determine their acceptability. The present study has allowed a first approach to the formulation of gels for athletes based on carob flour with a high energetic contribution and good organoleptic properties in a minimum dose designed to be taken during physical exercise.

KEY WORDS: carob flour, gel, sport, color, texture

1.INTRODUCCIÓN

Según la Academia Española de Nutrición se entiende por geles para deportistas al preparado que consiste en una fuente altamente concentrada de hidratos de carbono, de fácil digestión, con una mayor concentración energética que las bebidas, pudiendo algunos de ellos contener electrolitos. Este tipo de geles está recomendado para la realización de deportes que requieran resistencia y con una duración de más de 90 minutos, y permite ingerir en pequeñas dosis los componentes necesarios, factor especialmente de interés cuando es poco práctico llevar grandes volúmenes tal como en ciclismo, triatlón u otros. Los geles energéticos se dirigen a un público objetivo muy reducido, que suele que incluye la práctica de deportes aeróbicos de alta intensidad como maratón, trekking, etc. La composición de los geles energéticos se diseña con objeto de ayudar en el desgaste energético durante la práctica deportiva, aportando carbohidratos, y por tanto energía al deportista (Sanchez-Torres, 2017). Estos productos pueden producir molestias gastrointestinales debido a la alta concentración de carbohidratos en una sola ingesta (Olivos et al., 2012). Por ello, el estudio de Oliveira et al. (2014), sugiere una mezcla de hidratos de carbono, como la glucosa y la sacarosa en lugar de una única fuente de carbohidratos, esto puede mejorar la absorción intestinal de los mismos, ya que los diferentes azúcares se absorben por diferentes rutas en el tracto intestinal. Esto significa que se suministra más carbohidratos a los músculos para reponer las reservas de glucógeno, lo que mejora el rendimiento deportivo (Sousa et al., 2006). En varios estudios se ha observado que el principal factor de la fatiga es la escasa reserva de los carbohidratos durante el ejercicio físico (Coyle et al., 1986) (Ortenblad et al., 2013), además la necesidad de estos está estrechamente vinculada a la utilización de energía por los músculos en su entrenamiento (Maughan et.al.,2012).

La Tabla 1 se muestra la ingesta de carbohidratos necesaria teniendo en cuenta el peso del deportista y la intensidad de ejercicio físico a realizar. Además de los ingredientes añadidos para aportar estos carbohidratos se añadió maltodextrina, para dar una recarga de energía al organismo.

TABLA 1. Cantidad de hidratos de carbono necesaria para la realización de distintas intensidades de entrenamiento deportivo (Maughan et.al.,2012).

Carga de entrenamiento		Objetivos de ingesta de hidratos de carbono (g por kg de peso del deportista)
Ligera	Baja intensidad o actividades de destreza	3-5 g/kg/día
Moderada	Programa de ejercicio moderado (ej., ~1 hora diaria)	5-7 g/kg/día
Alta	Programa de resistencia (ej., 1 a 3 horas diarias de ejercicio de intensidad moderada a alta)	6-10 g/kg/día
Muy Alta	Dedicación muy intensa (ej., un mínimo de 4 a 5 horas diarias de ejercicio de intensidad moderada a alta)	8-12 g/kg/día

La algarroba (*Ceratonia siliqua* L.) es una valiosa fuente vegetal de azúcar (más del 50%, principalmente sacarosa) fibra dietética, polifenoles (principalmente taninos) y minerales tales como el calcio, el fósforo y el potasio (Özcan et al., 2007). La harina de algarroba se ha convertido en una interesante materia prima en la elaboración de productos como caramelos, helados, bebidas y pasteles (Kristbergsson et al., 2016; Zuleta et al., 2012).

Habitualmente se obtiene a partir de la molienda de las vainas de la algarroba y la harina obtenida sufre un proceso de tostado el cual le atribuye unas características sensoriales propias al tiempo que mejora sus propiedades de conservación (Ibáñez et., 2019; Brassesco et al., 2021).

En la actualidad, la harina de algarroba tostada puede emplearse como un edulcorante natural con aspecto y sabor similares a los del cacao, por lo que en muchos procesos esta se utiliza como sustituto del cacao (Fadel et al., 2006). Además, posee una ventaja adicional puesto que la harina de algarroba no contiene ni cafeína ni teobromina, mientras que el cacao tiene cantidades significativas de estos componentes y aporta menos calorías (Vitali et al., 2014).

Es por ello que la harina de algarroba podría ser la base adecuada para la elaboración de productos para deportistas. Asimismo, teniendo en cuenta la tendencia del mercado actual para sustituir los productos para deportistas existentes en el mercado, por otros que incorporen ingredientes naturales resulta de interés la realización de estudios con incorporación de otras fuentes de carbohidratos más saludables.

La miel es una fuente de hidratos de carbono natural, en su composición destacan la fructosa y glucosa. Yusof et al. (2008) han mostrado que la ingesta de estos azúcares, fructosa y glucosa, mejoraron la resistencia a la hora de hacer ejercicio y desempeñaron un papel importante en la prevención de la fatiga. En la revisión sistemática de Yusof et al. (2018) mostro que una ingesta de miel junto con un programa de ejercicio se producía una mejora en la salud ósea. Esta mejora, podría ser debida a las vitaminas K y D y la presencia de minerales como el calcio, el fósforo o el Magnesio que contribuyen a la formación ósea (Yusof et al., 2018). Por tanto, numerosos

estudios concluyen que la ingesta de miel aumenta la formación de hueso y la absorción de calcio reduciendo así el riesgo de osteoporosis (Yusof et al., 2018). El sirope de agave es un sustituto natural del azúcar refinado, posee un menor índice glucémico y presenta capacidad antioxidante y propiedades antibacterianas (Erika et al., 2015).

La goma xantana es un hidrocoloide que permite mejorar la textura en una gran variedad de alimentos por una serie de propiedades tales como: mejora de la estabilización de la emulsión, estable a temperatura de procesado, compatibilidad con los ingredientes alimentarios, y sus propiedades reológicas pseudoplásticas (García et al., 2000; Castelblanque, 2016). La goma agar-agar es un polisacárido procedente de las algas rojas, ampliamente empleado en la elaboración de postres, salsas o gelatinas por su papel como estabilizador, espesante y gelificante (Quintero et al., 2021). La maltodextrina es un suplemento empleado en la elaboración de productos para deportistas procedente de almidón de maíz, arroz u otros por su mejor tolerancia digestiva frente a otros monosacáridos (Olivos et al, 2012). Destaca por su actividad espesante ampliamente utilizado en la elaboración de salsas, helados y postres.

En el presente trabajo se ha estudiado la incorporación de harina de algarroba en la formulación y desarrollo de geles energéticos para el deportista. Se ha evaluado el efecto de la harina sobre las propiedades de los geles y se han incorporado otros azúcares naturales con objeto de aportar los carbohidratos necesarios para proporcionar energía en una dosis pensada para la toma durante la realización de ejercicio físico. También se ha estudiado el efecto de la incorporación goma xantana, agar-agar y maltodextrina en los geles con objeto de mejorar la textura de los mimos.

2.MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Materias primas empleadas en la elaboración de geles

Las materias primas empleadas en el presente trabajo fueron adquiridas en un establecimiento alimentario local y conservadas herméticamente cerradas a temperatura ambiente hasta su empleo. La harina de algarroba ecológica Bio-Organic empleada es de la marca NaturGreen y el sirope de ágave de agricultura ecológica marca BIO-Cesta ambos productos fueron adquiridos en Herbolario Navarro (Valencia, España). La Miel marca Hacendado fue obtenida en supermercados Mercadona.

En cuanto a los agentes gelificantes empleados el Agar-Agar E-406 marca TerraVerda (Herbolario Navarro, Valencia, España), Goma Xantana E-415 Moara (El Amasadero, Malaga, España) y Maltodextrina E-1400 marca Mycoprotein (THG, Inglaterra).

La composición nutricional de las materias primas empleadas se extrajo del etiquetado nutricional aportado por los fabricantes. En la tabla 2 se muestra la composición nutricional de la harina de algarroba. En la tabla 3 se muestra la composición nutricional del resto de componentes empleados.

TABLA 2. Composición nutricional de la harina de algarroba ecológica (g/100g). Fuente: NaturGreen.

Grasas (g)	0,6
de las cuales saturadas (g)	0,1
Hidratos de carbono (g)	88,9
de los cuales azúcares (g)	49,1
Proteínas (g)	4,6
Sal (g)	0,09

TABLA 3. Composición nutricional del sirope de agave, miel, agar agar, goma xantana y maltodextrina (g/100g).

	Sirope de agave	Miel	Agar-Agar	Goma Xantana	Maltodextrina
Grasas	0,5		0,1		
de las cuales saturadas	0,1		0,014		
Hidratos de carbono	75	83	0,4	1	100
de los cuales azúcares	75	73			
Proteínas	0,5		0,1	5,7	
Fibra			86	77,5	
Sal	0,03		1,25	0,04	

2.2 Propiedades de la harina de algarroba

En primer lugar se realizó la caracterización de las distintas propiedades de la harina de algarroba seleccionada para conocer sus propiedades en la formación de geles. Estas fueron determinadas previamente a la formulación y elaboración de los geles.

2.2.1 CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (WHC)

Se determinó según Traynham et al. (2007) con ligeras modificaciones, para ello se pesaron 1,5 g de harina en un tubo de centrifuga de 50 mL prepesado junto con 28,5 mL de agua destilada. La mezcla se agitó durante unos 10 segundos en el vórtex a 900 rpm y se centrifugó 30 minutos a 3000 rpm. Finalmente, se eliminó el sobrenadante, se pesó el tubo y el resultado (ecuación 1) fue expresado en g de agua / g de harina.

$$WHC \left(\frac{g \text{ agua}}{g \text{ harina}} \right) = \frac{(P_1 - P_0) - P_m}{P_m} \quad (1)$$

donde: WHC = capacidad de retención de agua (g de agua / g de harina); P_m = peso muestra de harina seca (g); P_0 = peso tubo de centrifuga seco (g); P_1 = peso tubo de centrifuga con residuo (g).

2.2.2 CAPACIDAD DE HINCHAMIENTO (SC)

Se realizó según el método descrito por Chandra et al. (2015) y con ligeras modificaciones. Se llenó una probeta graduada de 100 mL con muestra de harina hasta la marca de 10 mL y se añadió agua destilada hasta alcanzar un volumen total de 50 mL. La parte superior de la probeta fue cubierta herméticamente con parafilm para mezclar invirtiendo la probeta. La suspensión se invirtió de nuevo después de 2 minutos y se dejó reposar durante 8 minutos más. Transcurrido ese tiempo se registró el volumen ocupado por la suspensión y a los 30 minutos se volvió a tomar la medida de volumen registrado, y así poder ver si este ha variado en ese tiempo. El resultado (ecuación 2) fue expresado en mL de volumen ocupado por gramo de muestra.

$$SC \left(\frac{mL}{g} \right) = \frac{V_{30}}{P_m} \quad (2)$$

donde: SC = capacidad de hinchamiento (mL/g); V_{30} = volumen de muestra ocupado a los 30 minutos (mL); P_m = peso de muestra de harina (g).

2.2.3 CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE GRASA (FAC)

Se determinó siguiendo el método descrito por Ahn et al. (2005), para lo cual se pesó 1 g de muestra de harina en un tubo de centrifuga prepesado de 50 mL y se mezcló con 10 mL de aceite de girasol, añadiendo este poco a poco y agitando durante unos 30 segundos en el vórtex a 900 rpm. Inmediatamente se centrifugó a 3360 rpm durante 5 minutos y posteriormente se decantó el sobrenadante, se pesó el tubo de centrifuga y el resultado (ecuación 3) fue expresado en g de aceite / g de harina.

$$FAC \left(\frac{g \text{ aceite}}{g \text{ harina}} \right) = \frac{(P_1 - P_0)}{P_m} \quad (3)$$

donde: FAC = capacidad de absorción de grasa (g de aceite / g de harina); P_m = peso muestra de harina seca (g); P_0 = peso tubo de centrifuga más muestra seca (g); P_1 = peso tubo de centrifuga más sedimento (g).

2.2.4 CONCENTRACIÓN MÍNIMA DE GELIFICACIÓN (LGC)

Según Chandra et al. (2015) y con ligeras modificaciones, se prepararon

tubos de ensayo de 15 mL con suspensiones de 18,20,22,24,26,28,30 y 32% (p/v) de harina en 5 mL de agua destilada y se calentaron en un baño con agua a 90°C durante 1 hora, seguido de un enfriamiento en agua de grifo y un enfriamiento adicional a 4°C durante 2 horas. La concentración mínima de gelificación es aquella a la que al invertir el tubo de ensayo ni se resbala ni se cae muestra.

2.3 Propiedades de los geles de harina de algarroba

2.3.1 FORMULACIÓN DE LOS GELES

En la tabla 4 se muestra la composición de las 11 formulaciones de geles diseñados, variando la concentración de gelificante. Todos los geles elaborados contienen una base de 8 g de harina de algarroba, 40 g de miel, 20 g de sirópe de agave y 32 mL agua.

Se preparaban 500 ml de la formulacion de gel para la obtención de 4 muestras de unos 100 ml cada una. Para la elaboración de los geles se mantuvieron las condiciones que se indican en el siguiente procedimiento: en primer lugar se mezclan durante 20 segundos a velocidad 4 con ayuda de un agitador (Thermomix TM6, Vorwerk, España) todos los componentes del gel previamente pesados con precisión 0.01g (Secura 1S, Sartorius, Alemania), excepto el agente gelificante maltodextrina/goma xantana/ Agar-Agar). A continuación se agregaban los gelificantes previamente pesados durante otros 20 segundos, velocidad 4. La mezcla se llevaba a calentamiento a 90°C durante 10 minutos, en el propio equipo de mezclado, con agitación suave a velocidad 1. Transcurrida la fase de calentamiento se vertía la mezcla en vasos de análisis de 100 ml, se cerraban herméticamente y se dejaban reposar durante 24h en refrigeración a 4 °C.

TABLA 4. Contenido en agar-agar, goma xantana y maltodextrina en las formulaciones de geles (g/100g).

Formulación	Agar-Agar	G. Xantana	Maltadextrina
A0,8_M0	0,8		
A0,6_M0	0,6		
A0,4_M0	0,4		
A0,3_M0	0,3		
A0,2_M0	0,2		
A0,3_M6	0,3		6
A0,2_M6	0,2		6
X1_M0	0	1	
X0,5_M0	0	0,5	
X0,3_M0	0	0,3	
X0,3_M6	0	0,3	6

2.3.3 ANÁLISIS DEL PERFIL DE TEXTURA

Los geles fueron atemperados a temperatura ambiente durante 1 hora y acto seguido se realizaron ensayos de retroextrusión en un Texturómetro Analizador Universal de Textura TA.XT2 (Stable MicroSystems, Godalming, Surrey, UK) conectado a un ordenador, donde es posible visualizar los resultados obtenidos en el ensayo mediante el software Texture Exponent Version 6.1.7 (Stable MicroSystems). Se llevó a cabo un ensayo de retroextrusión del 20% respecto a la altura inicial del gel, utilizando un émbolo con un disco de compresión de 3,5 cm y una velocidad de bajada de 2 mm/s, de compresión de 2,5 mm/s y con una fuerza de activación de 0,1 N. El ensayo se realizó por cuadruplicado.

2.3.4 pH DE LOS GELES

El pH de los geles formados tras la refrigeración se midió en un pHmetro SevenEasy™ (Mettler Toledo GmbH, Suiza). La medida se realizó por cuadruplicado.

2.3.5 ANÁLISIS DE COLOR

El color de los geles de algarroba se midió en una cubeta de cuarzo y en un espectrocolorímetro (Konica Minolta, Inc., modelo CM-3600d, Tokio, Japón) entre 400 y 700 nm, iluminante D65 y 10° observador estándar, con fondo blanco. Con el espectro de reflexión se obtuvo la escala de color en coordenadas CIEL*a*b*. Los parámetros determinados fueron la luminosidad L* (L* = 0 [negro] y L* = 100 [blanco]), la coordenada a* (-a* = verde; y +a* = rojo), la coordenada b* (-b* = azul; y +b* = amarillo), la pureza C*ab y tonalidad (parámetro h*ab). Se realizaron 4 determinaciones sobre cada gel, sobre 4 muestras preparadas de dicho gel.

2.2.5 GRADOS BRIX

Se determinaron por cuadruplicado los geles de algarroba con un refractómetro tipo Abbe modelo T1 Atago, USA. Al ser de un color tan oscuro se centrifugaron en tubos eppendorf durante 2 minutos.

2.2.6 ANÁLISIS SENSORIAL

Para poder tener una idea objetiva sobre el producto, se realizó una pequeña cata con un panel de 8 catadores no expertos, permitiendo obtener una primera aproximación a las preferencias de los consumidores. Se llevó a cabo en la sala de análisis sensorial del IAD, se presentaron las dos muestras de gel seleccionadas junto a una muestra de gel comercial y se realizó un test de preferencia. El catador evaluó los siguientes atributos: apariencia, aroma, textura, sabor global, intensidad a algarroba y miel, nota de preferencia global e intención de compra (modelo de ficha de cata en el anexo I).

Estos atributos se evaluaron mediante una escala hedónica del 1 al 5 en

el que 1 implicaba que ese atributo había disgustado muchísimo y 5 que había gustado muchísimo al catador.

2.3 Propiedades de geles comerciales

Con objeto de contrastar las propiedades de los geles elaborados con otros productos existentes en el mercado, se escogieron dos geles energéticos comerciales de la marca APTONIA: ENERGY GEL sabor manzana y ENERGY GEL sabor cola (formulaciones C1 y C2 respectivamente) adquiridos en un establecimiento deportivo (DECATHLON, España).

La composición en cuanto a ingredientes mayoritarios de estos geles según su etiquetado es:

- C1: sirope de glucosa 68%, agua, fructosa 11%, maltodextrina 7%, corrector de acidez: ácido cítrico de sodio, aroma, citrato de zinc.
- C2: sirope de glucosa 68%, agua, maltodextrina (14%), corrector de acidez, ácido cítrico, citrato de sodio, aroma, conservante: sorbato de potasio, citrato de zinc.

En la tabla 5 se muestra la composición nutricional declarada por el fabricante, según etiquetado.

TABLA 5. Composición nutricional de los geles comerciales (g/100g).

	C1	C2
Energía (kcal)	292	280
Grasas	<0,5	<0,5
de las cuales saturadas	<0,5	<0,5
Hidratos de carbono	73	70
de los cuales azúcares	48	39
Proteínas	<0,5	0,8
Sal	0,18	0,39

Para determinar sus propiedades según la metodología indicada para las formulaciones elaboradas a base de algarroba, los geles adquiridos se desempaquetaron y se introdujeron en 4 recipientes herméticos de 100 mL con cuidado de no revertir el gel formado. A continuación, se dejaron reposar a 4°C durante 24h previamente a la determinación de sus propiedades. Se determinó el pH, Brix, color y textura de los mismos tal y como se ha expuesto en el análisis de los geles elaborados en el laboratorio. Las determinaciones se realizaron por cuatuplicado.

2.4 Análisis estadístico de los resultados

Para el análisis de los resultados obtenidos se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significación del 95% y utilizando para las

comparaciones el test LSD. Los datos fueron analizados mediante el Software estadístico STATGRAPHICS Centurion XVIII Versión 16.1.17. (StatPoint Technologies, Inc., 2011)

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Propiedades funcionales de la harina de algarroba

En la tabla 6 se muestran los resultados obtenidos del análisis de las propiedades funcionales de la harina de algarroba.

TABLA 6. Valor medio de las propiedades funcionales de la harina de algarroba.

WHC (g/g)	FAC(g/g)	SC(mL/g)	LGC(%)
0,53 (0,05)	1,40(0,04)	7,77(0,65)	24

WHC – capacidad de retención de agua, FAC – capacidad de absorción de grasa, SC – capacidad de hinchamiento, LGC – concentración mínima de gelificación.

La capacidad de retención de agua (WHC) permite evaluar la capacidad de la harina para retener agua bajo una fuerza de gravedad centrífuga, y macromoléculas como los carbohidratos y proteínas, al ofrecer cadenas laterales hidrófilas, aumentan dicha retención (Ghumman et al., 2021). Un estudio donde se estudió la caracterización de harina de algarroba se observa un valor de 0,45, muy similar al obtenido (Ali et al.,2000). Otros estudios realizados con distintas harinas pero con las mismas condiciones obtuvieron valores más altos, 1,83 en la harina de amaranto y 1,70 en la harina de quinoa (Villar, 2021)(Martín, 2022).

La capacidad de absorción de grasa (FAC) da información acerca de la interacción entre los lípidos y la cadena lateral no polar de los aminoácidos presentes en la harina, y por tanto de la capacidad para ligar el aceite, lo cual determinará la sensación en boca y retención de sabor del producto (Ghumman et al., 2021). En comparación con el estudio realizado por Ali et al. (2000) observamos que es un poco inferior siendo este 0,30 pero hay que tener en cuenta que se hizo la caracterización obtenida por su propia harina de algarroba elaborándola así con vainas de algarroba.

Por otro lado, la capacidad de hinchamiento (SC) se refiere a la capacidad de aumento de volumen del producto en presencia de agua, lo cual se relaciona directamente con la capacidad de absorción de agua y se caracteriza también por ser una propiedad funcional propia de las proteínas, fundamental en la preparación de alimentos viscosos como masas y productos horneados, donde se requiere una buena interacción proteína-agua (García et al., 2012). No se encontraron valores de SC en harina de algarroba, pero observamos un valor bajo en comparación con la harina de quinoa (Pellegrini et al., 2018).

Finalmente, la concentración mínima de gelificación (LGC) se define como la concentración más baja a la que el gel permanece estático estando en el tubo de ensayo invertido (Chandra et al., 2015). Proporciona información acerca de la capacidad de formar una matriz estructural capaz de retener agua, por lo que cuanto menor sea el valor obtenido de LGC, mayor será la capacidad mínima de gelificación (Tafadzwa et al., 2021). Como podemos observar en la figura 1, en el caso de la harina de algarroba se obtuvo un valor de 24% (p/v). La alta concentración de harina de algarroba requerida a la hora de formular geles puso de manifiesto la necesidad de incluir agentes gelificantes naturales en los geles diseñados.

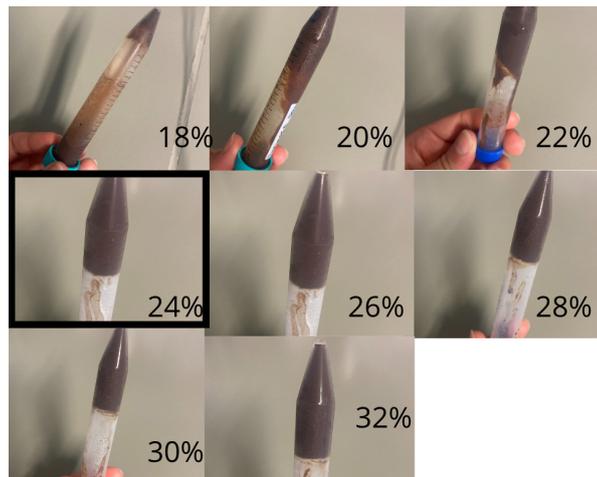


FIGURA 1. Representación fotográfica del ensayo para la obtención de la concentración mínima de gelificación de la harina de algarroba.

3.2 Propiedades de los geles de algarroba

En la tabla 5, se muestra la composición nutricional de cada gel por 100g de producto, calculada a partir de la composición nutricional declarada en el etiquetaje de las materias primas empleadas. Los geles diseñados con 8 g de harina de algarroba complementan su contenido en carbohidratos mediante la incorporación de miel y sirope de agave en todas las formulaciones. Con objeto de obtener el carácter de gel se probaron concentraciones de gomas solas o en combinación. Se ensayaron geles que contenían agar-agar de 0 al 0,8% o goma xantana de 0 al 1%. En tres de ellas se introdujo maltodextrina al 6%.

El contenido en azúcares de las 11 formulaciones se estableció en 48% para alcanzar su función como gel energético, valor muy similar al aportado por los geles comerciales analizados. Sin embargo, el aporte de hidratos de carbono de todas las formulaciones se encuentra alrededor del 55 %, excepto en las formulaciones que contienen maltodextrina donde este valor alcanza el 61 %.

Todas las formulaciones tienen un bajo contenido en grasas (<1,8 g/100) y un muy bajo contenido en sal (<0,04 g/100 g) según las declaraciones nutricionales autorizadas en el anexo del Reglamento (CE) nº 1924/2006.

TABLA 7. Composición nutricional de los geles formulados (g/100 g).

	A0,8_M0	A0,6_M0	A0,4_M0	A0,3_M0	A0,2_M0	A0,3_M6	A0,2_M6	X1_M0	X0,5_M0	X0,3_M0	X0,3_M6
Energía (kcal)	231,3	230,95	230,61	230,44	230,26	254,44	254,26	231,71	230,82	230,46	262,46
Proteínas (g)	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,53	0,5	0,49	0,49
Lípidos (g)	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Saturados	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Poliinsaturados	0,00	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Monoinsaturados	0,00	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hidratos de carbono (g)	55,32	55,31	55,31	55,31	55,31	61,31	61,31	55,32	55,32	55,32	63,32
De los cuales azúcares	48,13	48,13	48,13	48,13	48,13	48,13	48,13	48,13	48,13	48,13	48,13
Fibra (g)	0,69	0,52	0,34	0,26	0,17	0,26	0,17	0,78	0,39	0,23	0,23
Agua (g)	24,31	24,26	24,21	24,19	24,17	24,19	24,17	24,27	24,2	24,16	24,16
Sal (g)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01

En la tabla 8, se muestran los valores de pH y grados Brix de los geles ensayados, así como de los geles comerciales C1 y C2.

Como se puede observar no hay diferencias significativas del parámetro de pH entre los geles elaborados de algarroba, entorno a 4,7, siendo el pH de los geles comerciales significativamente inferior, alrededor de 4.

En cuanto los °Brix se observan valores acordes a lo esperado y relacionado con aporte de azúcares mostrado en la tabla 7. Puede observarse que los Brix aumentan al adicionar los agentes gelificantes, tanto el agar-agar como la goma xantana. El valor para los geles comerciales se encuentra en el rango de los geles elaborados con harina de algarroba.

TABLA 8. Valores medios (desviación estándar) del pH y Brix de los geles.

Geles Agar-agar			Geles G. Xantana			Geles Comerciales		
	pH	°Brix		pH	°Brix		pH	°Brix
A0,8_M0	4,6 (0,04)	53,9	X1_M0	4,7 (0,01)	48,7	C1	3,85 (0,01)	50,3
A0,6_M0	4,6 (0,06)	54,8	X0,5_M0	4,5 (0,01)	50,2	C2	4,1 (0,02)	56,4
A0,4_M0	4,6 (0,01)	57,4	X0,3_M0	4,7 (2,1)	53,6			
A0,3_M0	4,7 (0)	48,2	X0,3_M6	4,8 (0,01)	58,4			
A0,2_M0	4,55 (0,05)	48,4						
A0,3_M6	4,72 (0,01)	48,3						
A0,2_M6	4,72 (0,01)	50,6						

3.2.2 ANÁLISIS DE TEXTURA

El análisis de textura realizado tal y como está descrito en el apartado 2.3.3 de Materiales y métodos, proporciona información sobre la fuerza máxima del gel en el momento de la ruptura en su superficie. En la tabla 9 se muestran los valores medios y la desviación estándar de este parámetro.

TABLA 9. Media y desviación estándar de la fuerza máxima de los geles.

Geles Agar-agar		Geles G. Xantana		Geles Comerciales	
Fmax (N)		Fmax (N)		Fmax (N)	
A0,8_M0	142,5 (7,56) ^a	X1_M0	30,7 (1,54) ^c	C1	0,27 (0,05) ^f
A0,6_M0	39,2 (2,06) ^b	X0,5_M0	29,4 (1,49) ^c	C2	0,3 (0,2) ^f
A0,4_M0	10,3 (0,47) ^d	X0,3_M0	8,6 (0,21) ^d		
A0,3_M0	0,2 (0,01) ^f	X0,3_M6	5 (0,44) ^e		
A0,2_M0	0,17 (0,06) ^f				
A0,3_M6	0,18 (0,04) ^f				
A0,2_M6	0,15 (0,05) ^f				

La mezcla base con harina de algarroba al 10%, sirope de agave y miel dio lugar a un producto líquido, e incorporaciones superiores de algarroba que permitieran alcanzar su LGC resultaban demasiado intensas en color y aroma, características organolépticas poco adecuadas. La incorporación de agentes gelificantes permitió obtener un producto gelificado cuya consistencia y firmeza estuvo relacionada con la cantidad de gelificante incorporado.

En el caso de los geles elaborados con agar-agar la fuerza de ruptura del gel disminuye significativamente al disminuir la concentración del agente gelificante. La formulación de gel con harina de algarroba que incorporaba un 0,8 % de agar-agar resultó significativamente más dura que el resto de los geles ensayados ($p < 0,05$). Para alcanzar el nivel de gelificación de los geles comerciales, con fuerzas de ruptura en torno a 0,3 N, se requieren niveles de agar-agar entre el 0,2 y el 0,3 % o goma xantana por debajo de 0,3%. La incorporación de maltodextrina no afectó significativamente a la fuerza del gel a la concentración empleada del 6 %.

3.3.3 ANÁLISIS DE COLOR

La tabla 10 muestra los valores medios obtenidos de los parámetros CIE $L^*a^*b^*$ del análisis de color realizado en los geles elaborados y comerciales.

La presencia de algarroba en el gel influencia el color del mismo, ya que todos los geles elaborados son de un color marrón oscuro. La formulación A0,8_M0, la cual está elaborada por más cantidad de goma agar-agar resultó significativamente mayor ($p < 0,05$) que el resto de las formulaciones, si bien las diferencias de color no son muy grandes. Los valores de a^* y b^* no resultaron significativamente distintos por efecto de la incorporación de agar-agar, ni goma xantana, ni maltodextrina. En cuanto al tono (h) y el croma C^* , tampoco se han encontrado diferencias relevantes salvo para la mencionada formulación.

TABLA 10. Media y desviación estándar de las coordenadas CIE L*a*b* de geles de harina de algarroba y comerciales.

	L*	a*	b*	C	h
A0,8_M0	31,63 ^a (1,06)	1,12 ^f (0,23)	0,89 ^{ef} (0,413)	1,2 ^f (0,09)	29,95 ^{ab} (3,30)
A0,6_M0	24,19 ^{cd} (0,33)	1,92 ^{bc} (0,05)	1,08 ^{cdef} (0,08)	2,20 ^{bcd} (0,06)	29,27 ^{ab} (1,80)
A0,4_M0	21,74 ^f (1,22)	2,29 ^a (0,18)	1,36 ^{abc} (0,34)	2,67 ^a (0,33)	30,23 ^{ab} (4,37)
A0,3_M0	23,03 ^e (1,30)	1,91 ^{bc} (0,21)	1,16 ^{abcde} (0,35)	2,24 ^{bc} (0,36)	30,86 ^{ab} (4,26)
A0,2_M0	24,34 ^{cd} (0,03)	1,49 ^e (0,04)	0,81 ^f (0,11)	1,70 ^e (0,05)	28,39 ^b (3,59)
A0,3_M6	23,52 ^{de} (0,51)	1,76 ^{cd} (0,09)	1,13 ^{bcdef} (0,05)	2,09 ^{cd} (0,10)	32,70 ^a (0,93)
A0,2_M6	23,98 ^{cde} (0,54)	1,66 ^{de} (0,05)	1,11 ^{bcdef} (0,08)	1,98 ^d (0,05)	32,55 ^{ab} (0,44)
X1_M0	24,80 ^{bc} (0,02)	2,33 ^a (0,06)	1,49 ^a (0,10)	2,77 ^a (0,03)	29,91 ^{ab} (1,98)
X0,5_M0	23,07 ^e (0,09)	2,45 ^a (0,07)	1,41 ^{ab} (0,08)	2,83 ^a (0,02)	32,59 ^{ab} (2,3)
X0,3_M0	25,59 ^b (0,14)	1,77 ^{cd} (0,04)	1,00 ^{def} (0,05)	2,03 ^{cd} (0,03)	29,47 ^{ab} (1,79)
X0,3_M6	25,75 ^b (0,12)	2,05 ^b (0,05)	1,30 ^{abcd} (0,02)	2,43 ^b (0,05)	32,32 ^{ab} (0,69)

En la figura 7 se representan las coordenadas de color L* frente a* para los geles de harina de algarroba. Se puede observar que el gel con más % de agar-agar produce un aumento del color hacia tonos más oscuros.

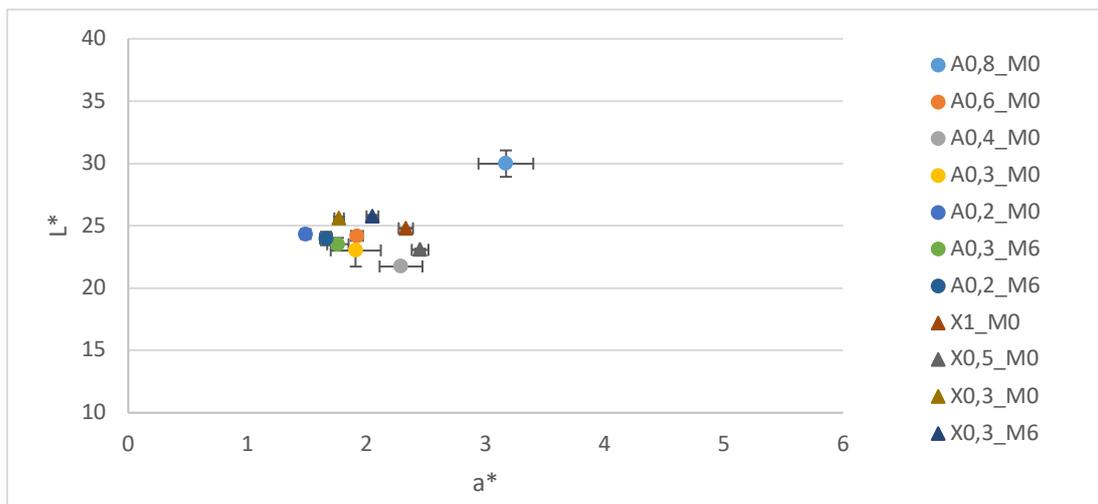


FIGURA 7. Diagrama cromático (L* vs a*) de los geles de harina de algarroba.

3.3.4 ANÁLISIS SENSORIAL

Los resultados del análisis sensorial se obtuvieron de acuerdo con el apartado 2.2.6 de Materiales y Métodos. Este análisis fue realizado como prueba preliminar para observar la aceptación y funcionalidad de los geles con incorporación de harina de algarroba como fase previa al desarrollo de nuevas formulaciones mejoradas. Este análisis se realizó a 8 catadores no expertos, 7 mujeres y 1 hombre, comprendidos en un intervalo de 18 a 25 años. En base a los resultados de textura se llegó a la conclusión de que las formulaciones con agar-agar al 0,3 % tenían la consistencia deseada para este tipo de producto. Es por ello que se ofreció al panel de catadores las formulaciones A0,3_M0, A0,3_M6 y la comercial C2.

La figura 8, muestra los valores medios para los atributos consultados en la cata. Podemos observar que la muestra con maltodextrina (A0,3_M6) obtuvo una alta puntuación en cuanto a sabor y la mejor nota global (4,5), pero sin embargo la menor en el atributo apariencia/color. Sin embargo, ambos geles de algarroba obtuvieron una mejor valoración en cuanto al sabor que el gel C2 con sabor a cola. Por el contrario, los catadores prefirieron el aroma y textura del gel comercial frente a los desarrollados en el laboratorio.

En cuanto a formulación que no contenía maltodextrina (A0,3_M0) obtuvo la mejor calificación en cuanto al sabor y una buena nota global, aunque inferior a la muestra con maltodextrina. En esta formulación observamos el el sabor a algarroba es más intenso que el sabor a miel, al contrario que la formulación con maltodextrina donde el sabor a miel prevalece sobre el de algarroba.

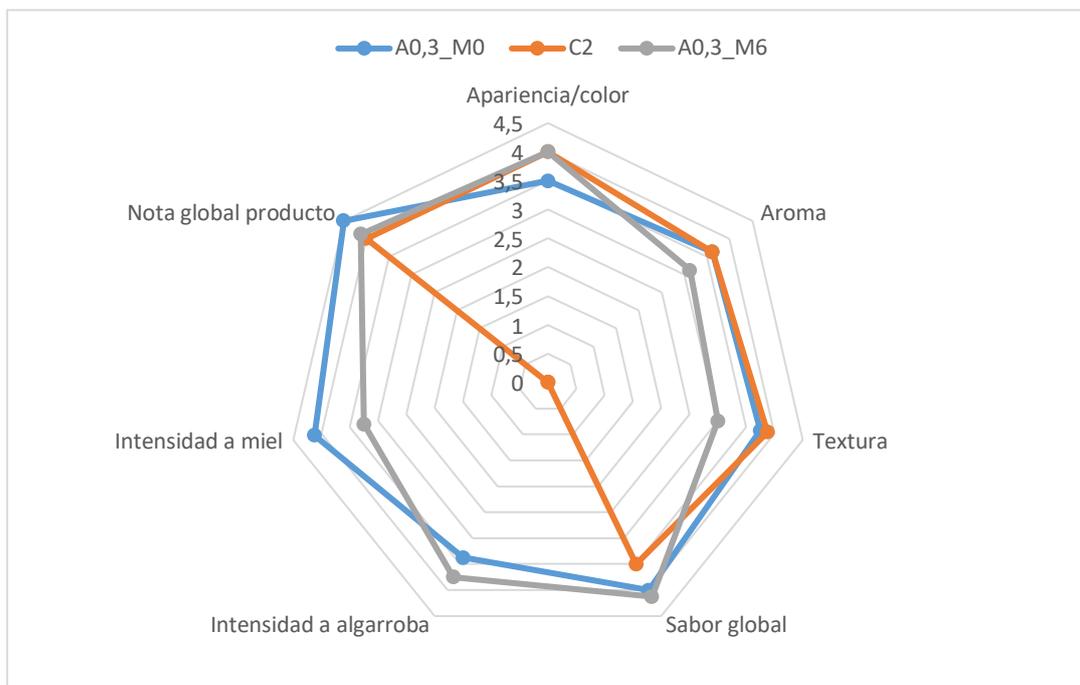


FIGURA 8. Diagrama de araña con los atributos del análisis sensorial.

Por otro lado, se preguntó a los catadores acerca de la intención de compra de los geles desarrollados si los encontrasen en el mercado. La respuesta del 100% de los participantes fue sí, en ambos geles a base de harina de algarroba.

4. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se han formulado geles energéticos a base de harina de algarroba empleando para ello distintas fuentes naturales de azúcares, los geles se han desarrollado con éxito a nivel de laboratorio.

Se ha realizado una caracterización funcional de la harina de algarroba permitiendo conocer sus propiedades como base en la formulación de nuevos productos. Su alta concentración mínima de gelificación hace necesaria la incorporación de agentes espesantes o gelificantes en la obtención de geles.

Todas las formulaciones desarrolladas aportan un contenido en azúcares equiparable a los geles comerciales destinados al deportista, tienen un bajo contenido en grasa y muy bajo contenido en sal.

El análisis sensorial realizado de forma preliminar ha mostrado buenos atributos en cuanto al sabor y un buen grado de aceptación.

PROPUESTAS DE MEJORA

El estudio primario revela el potencial de la harina de algarroba como componente en los geles a base de algarroba, pero se requieren posteriores investigaciones para mejorar las formulaciones y caracterizarlas en profundidad. Sería conveniente además incorporar algún agente para disminuir el pH de las formulaciones para permitir una mejor conservación de los mismos.

5.REFERENCIAS

- Brassesco, M. E.; Brandao, T.R.; Pintado, M. 2021. Carob bean (*Ceratonia siliqua* L.): a new perspective for functional food. *Trends in Food Science and Technology*, 114:310-322.
- Castelblanque Yuste, EM. (2016). Propiedades reológicas y térmicas de formulaciones de pasta fresca a base de harina de chufa y goma xantana
- Chandra, S.; Singh, S.; Kumari, D. 2015. Evaluation of functional properties of composite flours and sensorial attributes of composite flour biscuits. *Journal of Food Science and Technology*, 52(6):3681-3688.
- Coyle, E.F.; Coggan, A.R.; Hemmert, M.K.; Lowe, R.C.; Walters, T.J. 1985. Substrate usage during prolonged exercise following a preexercise meal. *J Appl Physiol*, 59: 429-433.
- Fadel, H.M.; Abdel, M. A.; Kader, A.; Samad, M. E.; Lotfy, S. N. 2006). Cocoa substitute : Evaluation of sensory qualities and flavour stability, *European food and research technology*, 223:125-131
- García, O.; Santos, V.E; Casas, J.A.; Gómez, E. (2000). Xanthan gum: production, recovery, and properties. *Biotechnology Advances*, 18(7):549-579.
- García, O.; Aiello Mazzarri, C.; Peña Chirino, M. C.; Ruiz Ramírez, J. L.; Acevedo Pons, I. del C. 2012. Caracterización físico-química y propiedades funcionales de la harina obtenida de granos de quinchoncho (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) sometidos a diferentes procesamientos. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(4):919-928.
- Ghumman, A.; Mudgal, S.; Singh, N.; Ranjan, B.; Kaur, A.; Rana, J. C. 2021. Physicochemical, functional and structural characteristics of grains, flour and protein isolates of Indian quinoa lines. *Food Research International*, 140:109982.
- Kristbergsson, K.; Ötles, S. 2016. Functional properties of traditional foods. Integrating food science and engineering knowledge into the food chain, 106-120.
- Kumul, C.; Ruiz, R.; Ortiz, J, Segura, C.; Rubi, M. 2015. Potencial antioxidante de la miel de Melipona beecheii y su relación con la salud: una revisión. *Nutrición Hospitalaria*, 32(4):1432-1442.
- Loullis, A.; Pinakoulaki, E. 2018. Carob as cocoa substitute: a review on composition, health benefits and food applications. *European Food Research and Technology*, 244:1-19.
- Martín Herrero, A. (2022). Propiedades físicas, funcionales y químicas de harina obtenida a partir de semillas de amaranto. *Universitat Politècnica de València*.
- Mellado, E.; & Lópe, M. 2013. Análisis comparativo entre jarabe de agave azul (*Agave tequilana* Weber var. azul) y otros jarabes naturales. *Agrociencia*, 47(3):233-244.
- Maughan, R.; Burke, L. 2012. *Nutrición para deportistas*.
- Oliveira, E.P.; Burini, R.C. 2014. Carbohydrate-Dependent, Exercise-Induced Gastrointestinal Distress. *Nutrients*, 6:4191-4199.
- Ørtenblad, N.; Westerblad, H.; Nielsen, J. 2013. Muscle glycogen stores and fatigue. *J Physiol*, 15:591(18):4405-13.
- Olivos, O.C.; Cuevas, M.A.; Álvarez, V.V.; Jorquera, A.C. 2012. *Nutrición para el entrenamiento y la competición*. Méd. Clín. Condes, 23(3): 253-261.
- Ozcan, M.M.; Arslan, D.; Gökçalik, H. 2007. Some compositional properties and mineral contents of carob (*Ceratonia siliqua*) fruit, flour and syrup. *Int J Food Sci Nutr*, 58(8):652-8.
- Oviedo Soler, I. (2014). *Desarrollo de un nuevo producto para deportistas*.
- Pellegrini, M.; Lucas-Gonzales, R.; Ricci, A.; Fontecha, J.; Fernández-López, J.; Pérez Álvarez, J. A.; Viuda-Martos, M. 2018. Chemical, fatty acid, polyphenolic profile, technofunctional and antioxidant properties of flours obtained from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds. *Industrial Crops and Products*, 111:38-46.
- Prakash, M.; Mangino, E. 1990. Food Hydrocolloids. The effects of added proteins on the functionality of gum arabic in soft drink emulsion systems, 4(3):177
- Quinter, R.M.; Mujica, N.A.; Linarez, A.M.; Toyo, D.M.; Acosta, G.Y. 2021. Efecto gelificante del agar de *Gracilaria debilis* en la elaboración de una compota de níspero (*Manilkara zapota*). *Revista chilena de nutrición*, 48(2):195-202.
- Sánchez Torres, G. (2017). *Desarrollo y caracterización de geles a base de espirulina y chía para deportistas*. Estudio del plan comercial.
- Sousa, M.V.; Simões, H.G.; Oshiiwa, M. et al. 2007. Effects of acute carbohydrate

- supplementation during sessions of high-intensity intermittent exercise. *Eur J Appl Physiol*, 99:57–63.
- Tafadzwa, M. J.; Zvamaziva, J. T.; Charles, M.; Amiel, M.; Pepukai, M.; Shepherd, M. 2021. Proximate, physico-chemical, functional and sensory properties of quinoa and amaranth flour as potential binders in beef sausages. *Food Chemistry*, 130619.
- Villar Lozano, N. (2021). Propiedades físicas, funcionales y químicas de harina obtenida a partir de semillas de quinoa. Universitat Politècnica de València.
- Vitali, D;Mornar, A.;Nigovic, B.;Kremer D.; Radanovic, D.; Vedrina, I.2014.Optimization of roasting conditions as an useful approach for increasing antioxidant activity of carob powder.*LWT - Food Science and Technology*,58(2):578-586.
- Yousif, K.; Alghzawi, H.2000. Processing and characterization of carob powder, *Food Chemistry*, 69(3): 283-287
- Yusof, A., Ahmad, N.S., Hamid M.S., A., & Khong, T.K. (2018). Effects of honey on exercise performance and health components: A systematic review. *Science & Sports*.
- Zuleta, A.; Binaghi, M.J.; Greco, C.B.;Aguirre, C.;De la Casa, L.; Tadini, C.;& Ronayne de Ferrer,P.A. 2012. Diseño de panes funcionales a base de harinas no tradicionales. *Revista chilena de nutrición*, 39(3):58-64.

ANEXO 1

Tasting sheet of energy gels based on carob flour

Underline or circle the appropriate items as appropriate.

Sex: Male/Female

Occupation: Student/teacher/others

Age:

18-25 26-40 41-65 +65

Do you regularly use sports gels?

YES / NO

The following questions should be answered taking into account the table with the categories. Rate from 1 to 5 the appearance of the sample according to your taste.

	1	2	3	4	5
Global:	I really dislike it	<i>I dislike it</i>	I neither like it nor dislike it	<i>I like it</i>	I like it very much
Taste of:	A Little bit	Something	Medium	Quite a lot	Very much

Evaluated the gels in the established order, from left to right, rinsing the mouth between samples with water.

	321	564	156	409
Color				
Aroma				
Texture				
Global flavour				
Carob flavor intensity:				
Honey flavor intensity:				
Ranking product				

If you found this product in your usual stor, would you buy it? YES/NO				
-----------------------------------------------------------------------------------	--	--	--	--

Observations : _____