



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO  
INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**TESIS DOCTORAL**

**“Extracción y caracterización del jugo de granada (*Punica granatum* L.) mediante prensado en frío y sanitización hiperbárica para evaluar sus propiedades antioxidantes, antihipertensivas y su efecto en deportistas”**

Para obtener el grado de  
Doctor (a) en Ciencias Agropecuarias

**PRESENTA**

**Mtra. Gieraldin Campos Lozada**

**Director**

Dr. Gabriel Aguirre Álvarez

**Codirectora**

Dra. Araceli Ortiz Polo

Tulancingo de Bravo, Hgo., México., junio de 2025



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO  
INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**DOCTORADO EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS**

**TESIS DOCTORAL**

**“Extracción y caracterización del jugo de granada (*Punica granatum* L.) mediante prensado en frío y sanitización hiperbárica para evaluar sus propiedades antioxidantes, antihipertensivas y su efecto en deportistas”**

Para obtener el grado de  
Doctor (a) en Ciencias Agropecuarias

**PRESENTA**

**Mtra. Gieraldin Campos Lozada**

**Director**

Dr. Gabriel Aguirre Álvarez

**Codirectora**

Dra. Araceli Ortiz Polo

**Asesores**

Dra. Arely León López

Dr. Antonio de Jesús Cenobio Galindo

Tulancingo de Bravo, Hgo., México., junio de 2025

# ACTA DE REVISIÓN

19/05/2025

Asunto: Autorización de impresión

**Mtra. Ojuky del Rocío Islas Maldonado**  
**Directora de Administración Escolar**  
**Presente.**

El Comité Tutorial de la TESIS del programa educativo de posgrado titulado "Extracción y caracterización del jugo de granada (*Punica granatum* L.) mediante prensado en frío y sanitización hiperbárica para evaluar sus propiedades antioxidantes, antihipertensivas y su efecto en deportistas", realizado por la sustentante M.C.A. Gieraldin Campos Lozada con número de cuenta 409778 perteneciente al programa de Doctorado en Ciencias Agropecuarias (Tradicional), una vez que ha revisado, analizado y evaluado el documento recepcional de acuerdo a lo estipulado en el Artículo 110 del Reglamento de Estudios de Posgrado, tiene a bien extender la presente:

## AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Por lo que la sustentante deberá cumplir los requisitos del Reglamento de Estudios de Posgrado y con lo establecido en el proceso de grado vigente.

**Atentamente**  
**"Amor, Orden y Progreso"**  
**Tulancingo, Hidalgo a 19 de mayo de 2025**

El Comité Tutorial

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Gabriel Aguirre Álvarez  
Director

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Araceli Ortiz Polo  
Codirectora

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Arely León López  
Miembro del comité

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Antonio de Jesús Cenobio Galindo  
Miembro del comité

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco profundamente a mi familia, cuyo amor y apoyo incondicional han sido el pilar fundamental a lo largo de este camino .

A mis amigos, por su compañía, motivación constante y por brindarme momentos de calma y alegría en los momentos más desafiantes.

A mis profesores, por compartir su conocimiento y por ser una guía constante durante mi formación profesional.

A la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, por brindarme las herramientas y el espacio para crecer académica y personalmente.

A mis compañeros de laboratorio, por su colaboración, compañerismo y por enriquecer esta experiencia con su dedicación y esfuerzo compartido.

A CONACYT, por el apoyo brindado a través de sus programas, esto hizo posible la realización de este proyecto académico.

A las personas que se han sumado a mi vida durante este recorrido, gracias por ser parte de este logro.

## DEDICATORIA

A mis padres Gris y Tomi, por ser mi ejemplo de fortaleza, amor y constancia. Gracias por su inmenso sacrificio, por creer en mí incluso en los momentos en los que yo dudaba, y por acompañarme con amor en cada paso de este camino. Este logro también es suyo, los amo infinitamente.

A mis hermanas Kay, Kari y Jahtz, por estar siempre presentes, por sus palabras de aliento y por compartir conmigo cada triunfo y cada tropiezo. Su apoyo ha sido una luz constante en mi vida, son las mejores hermanas del mundo y no me canso de agradecer tanto amor y cariño hacia mí, las amo por siempre.

A mis sobrinos Diego, May, Sofi y Santi, ustedes han sido una parte muy importante en este recorrido, con su amor, ternura y alegría me recuerdan lo importante que es soñar y el ser feliz. Espero que un día también se sientan inspirados a luchar por sus metas, los amo con el alma.

A mis amigas Ale, Jecky y Mare, Cesar, Adri, Cesarín, Erasto y Alex, ustedes han sido un refugio en los momentos difíciles y una fuente de alegría genuina. Su compañía me ha enseñado que podemos formar un buen equipo de trabajo y a la vez llenar ese equipo de muchas aventuras. Gracias por acompañarme con lealtad y cariño.

Al Dr. Gabriel Aguirre Álvarez, a la Dra. Araceli Ortiz Polo y a la Dra. Arely León López, por compartir su conocimiento y por enseñarme, más allá de los libros, a pensar con libertad y responsabilidad.

A mis compañeros de laboratorio, por el trabajo en equipo, el aprendizaje compartido y por hacer del esfuerzo diario una experiencia enriquecedora.

A la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, por ofrecerme un espacio de formación integral y por fomentar el pensamiento crítico y el compromiso social.

A CONACYT, por el respaldo que hizo posible la culminación de este proyecto. Su apoyo representa una gran contribución al desarrollo académico y científico de nuestro país.

## RESUMEN

La granada (*Punica granatum* L.) es considerada un alimento funcional por su contenido de polifenoles que benefician al organismo. El jugo de granada se extrajo mediante dos métodos: extracción manual utilizando un exprimidor manual mediante tratamiento térmico en baño de agua (Man-P), y extracción mediante prensado mecánico utilizando un equipo Good Nature X1 y sanitización hiperbárica (Mec-Hip). Los análisis bromatológicos mostraron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre los dos tratamientos. Al ser sometido a sanitización hiperbárica, el jugo presentó mayores concentraciones de humedad, sólidos solubles, proteína y carbohidratos. En el análisis antioxidante, la inhibición del radical ABTS no mostró diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) en los tratamientos, con 96.99% de inhibición. Para el radical DPPH, la muestra con mayor inhibición fue Man-P con 98.48%. La determinación de fenoles mostró que hubo una mayor concentración en el jugo que se sometió a pasteurización (104.566 mg GAE/mL). Sin embargo, el tratamiento Mec-Hip exhibió una menor concentración de fenoles con 85.70 mg GAE/mL. Los espectros FTIR revelaron que los grupos funcionales se asociaron principalmente con carbohidratos ( $1200\text{--}900\text{ cm}^{-1}$ ). Los compuestos antioxidantes acompañados de una adecuada higienización fueron determinantes en un análisis antimicrobiano, ya que no se observaron microorganismos patógenos (*Salmonella*, *E. coli*, mohos y levaduras) en los jugos. Con respecto a la inhibición de la Enzima convertidora de Angiotensina (ECA), se observó que los jugos Man-P y Mec-Hip mostraron una mayor inhibición de la enzima en pacientes hipertensos en comparación con los pacientes normotensos. En el estudio realizado con atletas, los zumos a base de granada no resultaron eficaces para mejorar el estado de hidratación de los jugadores. Esto se debió a que empezaban el entrenamiento ya deshidratados y no practicaban una hidratación adecuada durante la actividad física, lo que agravaba el desequilibrio hídrico. Aunque las bebidas ofrecían beneficios adicionales como glucosa, aminoácidos, proteínas y vitaminas útiles para el rendimiento muscular y neurológico, su formulación actual no era suficiente para cubrir las pérdidas provocadas por el ejercicio.

---

**ABSTRACT**

Pomegranate (*Punica granatum* L.) is considered a functional food because of its content of polyphenols that benefit the body. Pomegranate juice was extracted by two methods: manual extraction using a manual juicer by heat treatment in a water bath (Man-P), and extraction by mechanical pressing using Good Nature X-1 equipment and hyperbaric sanitization (Mec-Hip). Bromatological analyses showed significant differences ( $p \leq 0.05$ ) between the two treatments. When subjected to hyperbaric sanitization, the juice presented higher concentrations of moisture, soluble solids, protein and carbohydrates. In the antioxidant analysis, the inhibition of the ABTS radical showed no significant difference ( $p > 0.05$ ) in the treatments, with 96.99% inhibition. For the DPPH radical, the sample with the highest inhibition was Man-P with 98.48%. The determination of phenols showed that there was a higher concentration in the juice that underwent pasteurization (104.566 mg GAE/mL). However, the Mec-Hip treatment exhibited a lower concentration of phenols with 85.70 mg GAE/mL. FTIR spectra revealed that the functional groups were mainly associated with carbohydrates ( $1200-900\text{ cm}^{-1}$ ). Antioxidant compounds accompanied by adequate sanitization were determinant in an antimicrobial analysis, since no pathogenic microorganisms (*Salmonella*, *E. coli*, molds and yeasts) were observed in the juices. With respect to Angiotensin Converting Enzyme (ACE) inhibition, it was observed that Man-P and Mec-Hip juices showed a greater inhibition of the enzyme in hypertensive patients compared to normotensive patients. In the study conducted with athletes, pomegranate based juices did not prove to be effective in improving the hydration status of the players. This was because they started training already dehydrated and did not practice adequate hydration during physical activity, which aggravated the water imbalance. Although the drinks offered additional benefits such as glucose, amino acids, proteins and vitamins useful for muscular and neurological performance, their current formulation was not sufficient to cover the losses caused by exercise.

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	i
RESUMEN .....	ii
ABSTRACT .....	iii
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 ANTECEDENTES .....	4
3 JUSTIFICACIÓN.....	6
4 MARCO TEÓRICO .....	7
4.1 Granada.....	7
4.1.1 Origen de la granada.....	7
4.1.2 Composición fitoquímica de la granada .....	7
4.1.3 Composición química .....	10
4.1.4 Métodos de extracción de jugo de granada .....	11
4.1.5 La granada como alimento funcional .....	13
4.1.6 Actividad antihipertensiva.....	16
4.1.7 Efecto del jugo de granada en el deporte.....	19
4.1.8 Evaluación sensorial .....	20
5 OBJETIVOS.....	22
5.1 Objetivo general .....	22
5.2 Objetivos específicos.....	22
6 HIPÓTESIS .....	23
7 MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
7.1 Materiales .....	24
7.2 Proceso de extracción .....	24
7.2.1 Extracción manual del jugo de arilo .....	24
7.2.2 Extracción del jugo de los arilos por prensado en frío .....	24
7.3 Caracterización fisicoquímica .....	25
7.3.1 Análisis bromatológico.....	25
7.3.2 Valor del pH .....	25
7.3.3 Determinación del color .....	25
7.3.4 Espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR) .....	25

---

7.3.5	Análisis microbiológico.....	25
7.3.6	Determinación de fenoles totales.....	26
7.3.7	Determinación de flavonoides .....	26
7.3.8	Determinación del contenido total de antocianinas monoméricas mediante el método diferencial de pH para antocianinas totales (AT) .....	26
7.3.9	Determinación de la eliminación de radicales ABTS.....	27
7.3.10	Determinación de la eliminación de radicales DPPH.....	27
7.3.11	Evaluación sensorial.....	28
7.4	Análisis <i>in vitro</i> .....	28
7.4.1	Biodisponibilidad <i>in vitro</i> del jugo de granada .....	28
7.5	Funcionalidad de los jugos <i>in vivo</i> .....	28
7.5.1	Inhibición de la actividad de la enzima convertidora de angiotensina (ECA) por el jugo de granada procesado. ....	28
7.5.2	Efecto del jugo de granada en deportistas .....	30
7.6	Análisis estadístico .....	31
8	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
8.1	Análisis bromatológico.....	32
8.2	Valor de pH .....	33
8.3	Determinación del color .....	34
8.4	Espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR) .....	35
8.5	Análisis microbiológico.....	36
8.6	Contenido de fenoles, flavonoides y antocianinas en el jugo de arilos .....	36
8.7	Determinación de fenoles totales en jugo de granada .....	37
8.8	Determinación de Flavonoides .....	39
8.9	Antocianinas .....	41
8.10	Determinación de la eliminación de radicales ABTS y DPPH .....	42
8.11	Evaluación sensorial por prueba de nivel de agrado .....	44
8.12	Bioaccesibilidad <i>in vitro</i> del jugo de granada .....	46
8.13	Análisis antihipertensivo .....	48
8.14	Análisis <i>in vivo</i> sobre hipertensión.....	50
8.15	Efecto de hidratación en deportistas.....	51
8.15.1	Análisis antropométricos .....	52
8.15.2	Análisis de orina mediante escala de Armstrong y uroanálisis .....	55

8.15.3	Porcentaje de agua corporal antes y después de la actividad física.....	62
9	CONCLUSIONES.....	67
10	REFERENCIAS .....	69
11	ANEXOS .....	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Espectros de grupos funcionales en jugos de granada .....	35
<b>Figura 2</b> Contenido fenólico en jugos de granada .....	39
<b>Figura 3</b> Contenido de flavonoides en jugo de granada .....	40
<b>Figura 4</b> Contenido de antocianinas en jugo de granada .....	42
<b>Figura 5</b> Inhibición de radicales ABTS (a) y DPPH (b) en jugo de granada .....	43
<b>Figura 6</b> Frecuencias de repuestas en el nivel de agrado de los parámetros de color, olor sabor textura y retrogusto del jugo de granada .....	46
<b>Figura 7</b> Inhibición de la ECA en pacientes normotensos e hipertensos .....	49
<b>Figura 8</b> Inhibición de la ECA con jugo de granada .....	50
<b>Figura 9</b> Escala de Armstrong (obtenido de (Palleres, Bustamante, & Bascuñán, 2023) ...	55

ÍNDICE DE CUADROS

**Tabla 1** Composición del fruto de granada. (Coronado-Reyes et al., 2022) ..... 10

**Tabla 2** Análisis bromatológico de los jugos de granada evaluados ..... 33

**Tabla 3** Parámetros CieLab en jugos de granada..... 35

**Tabla 4** Diferencia de medias en evaluación sensorial aplicado a los jugos de granada..... 45

**Tabla 5** Bioaccesibilidad in vitro en jugos de granada ..... 48

**Tabla 6** Tabla nutrimental de jugos de granada..... 52

**Tabla 7** Análisis antropométricos al inicio del estudio..... 53

**Tabla 8** Análisis antropométricos término del estudio ..... 54

**Tabla 9** Determinación de escala de Armstrong y uroanálisis en orina de participante No. 1 ..... 59

**Tabla 10** Determinación de escala de Armstrong y uroanálisis en orina de participante No. 2 ..... 59

**Tabla 11** Determinación de escala de Armstrong y uroanálisis en orina de participante No. 3 ..... 60

**Tabla 12** Determinación de escala de Armstrong y uroanálisis en orina de participante No.4 ..... 60

**Tabla 13** Determinación de escala de Armstrong y uroanálisis en orina de participante No. 5 ..... 61

**Tabla 14** Determinación de escala de Armstrong y uroanálisis en orina de participante No. 6 ..... 61

**Tabla 15** Determinación de escala de Armstrong y uroanálisis en orina de participante No. 7 ..... 62

**Tabla 16** Determinación de porcentaje de agua corporal con consumo de agua..... 65

**Tabla 17** Determinación de porcentaje de agua corporal con consumo de Man-P ..... 65

**Tabla 18** Determinación de porcentaje de agua corporal con consumo de Mec-Hip ..... 65

## GLOSARIO

ABTS	(ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico))
AT	Antocianinas totales
AOAC	Asociación de colaboración analítica oficial
ANP	Péptido natriurético auricular
DPPH	2,2-difenil-1-picrilhidrazilo
ECA	Enzima convertidora de Angiotensina
FD	Fibra dietética
FT-IR	Espectroscopia de infrarrojo por transformada de fourier
HPP	Procesamiento a alta presión
HTST	Pasteurización a alta temperatura y corto tiempo
IECA	Inhibidor de enzima convertidora de angiotensina
LTLT	Baja temperatura largo tiempo
Man-P	Jugo extracto manual sometido a pasteurización
Mec-Hip	Jugo extracto mecánico sometido a sanitización hiperbárica
OMS	Organización Mundial de la Salud
PSI	Libras por pulgada cuadrada
ROS	Especies reactivas de oxígeno
SRAA	Sistema renina angiotensina aldosterona

## 1 INTRODUCCIÓN

La granada (*Punica granatum* L.) pertenece a la familia Lythraceae y es un árbol pequeño con hojas caducas. Su fruto se considera una baya con una cáscara dura (pericarpio) que contiene semillas, cada una de ellas rodeada de pulpa carnosa y jugosa (arilos) que a su vez está adherida a un tejido suave y esponjoso (mesocarpio). Una vez cortado, el fruto no continúa madurando, por lo que es un fruto no climatérico (Vega-García & García-Niño, 2022). México produce 6800 toneladas de granada al año (SADER, 2018). Se produce principalmente en Hidalgo, Morelos y Oaxaca, y la temporada en la que se produce son los meses de julio a octubre. Puede ser considerado un alimento funcional por su contenido de polifenoles que benefician al organismo (Aleksandrova, Alexova, & Dragomanova, 2023). La actividad antioxidante se debe a los compuestos que el fruto posee que genera un efecto de neutralización de especies reactivas de oxígeno (ROS), así como a la inhibición o activación de vías de señalización y modulación de la expresión génica (Lavoro et al., 2021).

Los arilos de la granada, que son la parte comestible de la fruta, se pueden consumir frescos o utilizarse para preparar bebidas gelatinosas, mermeladas y jugos, entre otras cosas, y constituyen aproximadamente el 50% de la fruta total. Los arilos tienen un color que varía entre cultivos desde blanco, rojo, rosa y rojo oscuro (X. Zhao & Yuan, 2021). El jugo obtenido de arilos de granada contiene fructosa, sacarosa y glucosa, así como pequeñas cantidades de aminoácidos como prolina, metionina y valina. También posee ácidos orgánicos simples como ácido ascórbico, ácido cítrico y ácido fumárico. La piel y el jugo de granada son ricos en polifenoles, de los cuales los más destacados son los taninos y flavonoides. Estos componentes se destacan por sus potentes funciones antioxidantes y conservantes (Zarfeshany, Asgary, & Javanmard, 2014). El proceso de obtención de jugo de granada influye en las concentraciones de compuestos (Mphahlele, Fawole, Mokwena, & Opara, 2016). El proceso de pasteurización en la producción de jugos y bebidas implica la aplicación de tratamientos térmicos para eliminar patógenos. Sin embargo, este paso afecta significativamente algunos compuestos bioactivos y en consecuencia la actividad antioxidante del jugo.

La creciente demanda de productos de alta calidad que mantengan sus compuestos y propiedades ha promovido el interés en tecnologías emergentes como el saneamiento hiperbárico. Actualmente, el mercado ha introducido jugos prensados en frío; esta tecnología emergente preserva los compuestos bioactivos en las frutas, evitando su degradación (Khaksar, Assatarakul, & Sirikantaramas, 2019). El tratamiento térmico reduce los compuestos nutricionales y modifica las propiedades fisicoquímicas. Es por esto que el tratamiento térmico está siendo reemplazado por tratamientos de sanitización no térmicos como el procesamiento por alta presión (HPP) para mejorar la vida útil del jugo sin afectar sus propiedades organolépticas (Olmedilla-Alonso et al., 2022).

El proceso de pasteurización en la producción de jugos y bebidas implica la aplicación de tratamientos térmicos para eliminar patógenos. Sin embargo, este paso afecta significativamente algunos compuestos bioactivos y en consecuencia la actividad antioxidante del jugo. La creciente demanda de productos de alta calidad que mantengan sus compuestos y propiedades ha promovido el interés en tecnologías emergentes como el saneamiento hiperbárico. Esta es una forma de procesamiento de sanitización no térmico donde se aplican altas presiones que van desde 100 a 1000 MPa. Este proceso permite la inactivación microbiana y protege las propiedades fisicoquímicas, bioactivas y sensoriales de los jugos, además de extender su vida útil (Atmaca, Demiray, Akdemir Evrendilek, Bulut, & Uzuner, 2023).

Actualmente, existe una alta tasa de consumo de comida rápida, alimentos enlatados con conservadores y bebidas con alto contenido de azúcar y pequeñas cantidades de antioxidantes (Delgado Olivares, Betanzos Cabrera, & Sumaya Martínez, 2010). Por esta razón, se han introducido en el mercado jugos prensados en frío para aportar una mayor cantidad de compuestos sin pasteurización (Khaksar et al., 2019). Los compuestos fenólicos son los principales antioxidantes que deben estar presentes en la dieta humana. Estos compuestos han cobrado interés para los investigadores. Varios estudios respaldan que estos compuestos fenólicos tienen efectos vasodilatadores, vaso protectores y cardioprotectores, entre otros (Quiñones, Miguel, & Aleixandre, 2012).

A nivel mundial, alrededor de mil millones de personas padecen hipertensión, varios factores están involucrados en esta fisiopatología. Uno de ellos es el estrés oxidativo, que provoca una producción excesiva de especies reactivas de oxígeno vasculares (ROS) que juegan un papel importante en el control de la función endotelial y vascular (Ponce-Gutiérrez, Ponce-Gutiérrez, Rodríguez-León, & Cabrera-García, 2014). Por otra parte, los ROS también atenúan la agregación plaquetaria y disminuyen la hipertensión, mejorando la función vascular (D. Wang et al., 2018) y proporcionando efectos inflamatorios ateroprotectores sobre la pared vascular (Al-Jarallah et al., 2013). Los problemas de salud mencionados anteriormente están relacionados con la reducción del consumo de compuestos bioactivos que pueden degradarse cuando los productos alimenticios se someten a un tratamiento térmico. Estudios sugieren que una dieta que incluya granada puede beneficiar significativamente los marcadores de salud y el rendimiento deportivo (Bibi, Lei, Kotwica-Mojzych, Głowacka, & Mojzych, 2024).

El ejercicio ya sea moderado o intenso provoca estrés oxidativo, lesiones musculares, inflamación, duración prolongada de dolor y debilidad en los músculos post-ejercicio. Para evitar estos padecimientos es de gran importancia el mantener una buena euhidratación que permita al deportista tener mejor rendimiento durante la actividad física así como a mantener la salud (Ortiz, Carrasco, & Hernández, 2019). Los suplementos alimenticios de granada han demostrado aportar beneficios para mejorar estas respuestas fisiológicas ya que puede ayudar a la recuperación y aportar beneficios en relación al rendimiento físico, sin embargo, estos estudios son escasos (Ammar et al., 2018). La importancia de este estudio es el uso de tecnologías emergentes, como el saneamiento hiperbárico, para evaluar las propiedades antioxidantes de los compuestos bioactivos del jugo de granada y su efecto en suero de personas hipertensas, así como el evaluar su efecto hidratante en deportistas.

## 2 ANTECEDENTES

La granada (*Punica granatum* L) se considera un alimento funcional por su contenido en polifenoles beneficiosos para el organismo (Aleksandrova et al., 2023). El tipo de procesado de la fruta es importante, ya que también influye en las concentraciones de los compuestos. Actualmente, el mercado ha introducido jugos prensados en frío que permiten obtener una mayor cantidad de compuestos (X. Zhao & Yuan, 2021). Los tratamientos térmicos reducen los compuestos nutricionales y modifican las propiedades fisicoquímicas de las bebidas, esta es la razón por la que el tratamiento térmico está siendo sustituido por tratamientos no térmicos como el procesado por altas presiones (HPP) con el fin de mejorar la vida útil del jugo sin afectar a sus propiedades organolépticas (Olmedilla-Alonso et al., 2022). El proceso de pasteurización en la preparación de jugos y bebidas implica la aplicación de tratamientos térmicos para eliminar patógenos. Sin embargo, este paso afecta significativamente a algunos compuestos bioactivos y, en consecuencia, a la actividad antioxidante del jugo. La creciente demanda de consumir productos de alta calidad que mantengan sus compuestos y propiedades ha promovido el interés por tecnologías emergentes como la higienización hiperbárica. Se trata de un proceso no térmico en el que se aplican altas presiones isostáticas que oscilan entre 100 y 1000 MPa. Este proceso permite la inactivación microbiana y protege las propiedades fisicoquímicas, bioactivas y sensoriales de los jugos, además de prolongar su vida útil (Atmaca et al., 2023). En la actualidad, existe un elevado consumo de comida rápida, alimentos enlatados con conservantes y bebidas con alto contenido en azúcar y baja cantidad en antioxidantes (Delgado Olivares et al., 2010). Por este motivo, se han introducido en el mercado los jugos prensados en frío para obtener una mayor cantidad de compuestos sin pasteurización (Khaksar et al., 2019).

El jugo de granada se considera una bebida funcional debido a sus compuestos fenólicos, los compuestos fenólicos de la planta incluyen flavonoides, ácidos fenólicos, taninos, ácidos fenólicos, taninos y los menos comunes estilbenos y lignanos. Las antocianinas, pertenecientes a la familia de los flavonoides, son pigmentos naturales solubles en agua responsables de los intensos colores rojo a azul de diversas plantas. El jugo de granada también contiene fructosa, sacarosa y glucosa, así como pequeñas cantidades de aminoácidos como prolina, metionina y valina. También posee ácidos orgánicos simples como ácido ascórbico, ácido cítrico, ácido fumárico y otros. La cáscara y el jugo de la granada son ricos

en polifenoles, entre los que destacan los taninos y los flavonoides. Estos componentes destacan por su potente función antioxidante y preservativa (Zarfeshany et al., 2014). La actividad antioxidante de estos compuestos se debe a la eliminación o neutralización de especies reactivas de oxígeno (ROS), así como a la inhibición o activación de vías de señalización y modulación de la expresión génica (Lavoro et al., 2021). Los flavonoides son los responsables de dar el color a la fruta, estos pigmentos hidrosolubles han despertado gran interés por su contribución a la salud debido a sus propiedades antiinflamatorias y antiproliferativas. También por la prevención de diversas enfermedades. Los arilos de la granada, que son la parte comestible del fruto, pueden consumirse frescos o utilizarse para preparar jugos, bebidas gelatinosas, mermeladas, entre otros. Los arilos constituyen aproximadamente el 50% del total del fruto, estos tienen un color que varía entre cultivos de blanco, rosado a rojo y rojo oscuro (Y. Li et al., 2006). El jugo de arilos de granada tiene mayor poder antioxidante en comparación con otras bebidas como el vino tinto, el té verde y el té negro (Kandyliis & Kokkinomagoulos, 2020). Uno de los factores de riesgo más importantes que pueden provocar infartos y enfermedades cardíacas es la hipertensión (Akter et al., 2023). Los compuestos fenólicos son los principales antioxidantes que deberían estar presentes en la dieta humana. Otro estudio avala que estos compuestos fenólicos tienen efectos vasodilatadores, vaso protectores y cardioprotectores, entre otros (Quiñones et al., 2012).

En todo el mundo, alrededor de mil millones de personas padecen un problema de hipertensión arterial. A nivel molecular, hay varios factores implicados en esta fisiopatología. Uno de ellos es el estrés oxidativo que provoca una producción excesiva de especies reactivas vasculares del oxígeno (ROS) que desempeñan un papel importante en el control de la función endotelial y vascular (Ponce Gutiérrez, Ponce Gutiérrez, Rodríguez León, & Cabrera García, 2014). Por otro lado, también atenúan la agregación plaquetaria y disminuyen la hipertensión, mejorando la función vascular (D. Wang et al., 2018) y proporcionando efectos inflamatorios ateroprotectores en la pared vascular (Al-Jarallah et al., 2013).

### **3 JUSTIFICACIÓN**

El consumo de bebidas isotónicas que contienen antioxidantes y otros compuestos proporcionan protección contra enfermedades, debido a la eliminación de radicales libres (Espín, Soler-Rivas, & Wichers, 2000), estos radicales se encuentran en el cuerpo, son producidos por diversas reacciones como la exposición a rayos ultravioleta, mala alimentación, contaminación ambiental, exceso de ejercicio entre otros (Mantilla, Morales, Alvarado, Guerra, & Chalem, 2001) cuando surge una reacción en cadena de estos radicales, se pueden generar algunas enfermedades como diabetes hasta cáncer por mencionar algunas. Además de que aportan otros beneficios como rehidratar y aumentar la energía (Palacín-Arce et al., 2013). Debido a lo anterior, ha surgido una tendencia de producción de alimentos que contengan antioxidantes para contribuir a mejorar la salud y reducir el riesgo de contraer diversas enfermedades como diabetes mellitus, cáncer, enfermedades cardiovasculares, entre otras (Mirmiran, Bahadoran, & Azizi, 2014). Es por ello que hoy en día existen alimentos líquidos pasteurizados a partir de jugo de frutas (Santander-M, Osorio, & Mejía-E, 2017) que al consumirlo han permitido la reducción de contraer dichas enfermedades. En el presente proyecto se plantea una nueva forma de consumir una bebida isotónica que contiene licopeno de tomate y antioxidantes obtenidos de jugo de granada, además de contener vitaminas y minerales que ayudan a refrescar, rehidratar y prevenir algunas enfermedades que pueden ser causadas por estrés oxidativo causado por distintos factores.

## 4 MARCO TEÓRICO

### 4.1 Granada

#### 4.1.1 Origen de la granada

La granada (*Punica granatum* L) es un fruto que data desde la antigüedad. Este fruto se obtiene de un árbol que alcanza como máximo 8 metros de altura en estado salvaje, el árbol de granada crece en muchas zonas del mundo, especialmente en zonas áridas y semiáridas ya que es capaz de adaptarse a distintas zonas. Su clasificación sistemática es la siguiente: su clase es dicotiledóneas, su subclase es Arquiclamídeas, son de orden Myrtales, pertenece a la familia Punicaceae, de género púnica y su especie es granatum. Actualmente, este cultivo se extiende por países como España, Estados Unidos, Irán, Turquía, India, Israel, China y países de la costa norte de África, entre otros. España se sitúa como el productor más importante de Europa, cuya producción se centra en la Comunidad Valenciana, Andalucía y Región de Murcia (Plus, 2011). Caruso y otros autores (2020) mencionan que la granada tiene muchos beneficios nutricionales para la salud derivado de su composición fitoquímica conformada por flavonoides, elagínatos, proantocianidinas, sales minerales, vitaminas, lípidos y ácidos orgánicos que se pueden obtener de distintas partes que la componen (corteza, membranas carpelares, arilos y semillas).

Este fruto ha sido de gran interés científico debido a que posee numerosos efectos benéficos como alimento, tiene propiedades farmacológicas, toxicológicas, antimicrobianas, antiinflamatorias y anticancerígenas. Debido a ello, su producción y consumo ha tenido una tendencia al alza en todo el mundo. Además de la granada fresca, en el mercado también existen otros productos alternativos como vino o bebida alcohólica de granada (Kokkinomagoulos, Nikolaou, Kourkoutas, & Kandyliis, 2020).

#### 4.1.2 Composición fitoquímica de la granada

La granada contiene una alta cantidad de compuestos químicos de alto valor biológico. De este fruto se puede utilizar la corteza, membranas carpelares, arilos y semillas, aunque el producto más importante derivado de este fruto es el jugo. La parte comestible del fruto (arilos) está compuesta por pulpa roja (78%) y semillas (22%), empleada para la extracción de jugo con sabor agrídulce proveniente de los principales azúcares presentes en los arilos como la glucosa y la fructosa (Giada Benedetti et al., 2023).

Previas investigaciones por Moga y colaboradores, (2021) reportan que los arilos contienen taninos hidrolizados particularmente elagitaninos (punicalaginas, punicalina, ácido gálico, entre otros). Polifenoles, como flavonoides (catequina, epicatequina, quercetina, rutina y epigallocatequina) y antocianinas, responsables del color rojo brillante. Los arilos son una fuente de minerales, como el magnesio, boro, selenio, zinc, cobalto, calcio y sodio en cantidades diferentes dependiendo del tipo de cultivar y variedades (Montefusco et al., 2021). Los arilos son ricos en ácidos orgánicos como ácido cítrico, málico, succínico y oxálico, responsables del sabor ácido-amargo (Bar-Ya'akov, Tian, Amir, & Holland, 2019a, 2019b). Las semillas contienen la mayor fracción lipídica de la granada, se considera la fracción no comestible y corresponde aproximadamente al 11% p/p del fruto, se emplean para la extracción de aceite (Khemakhem, Zarroug, Jabou, Selmi, & Bouzouita, 2021). El aceite proveniente de las semillas es rico en ácidos grasos, en su mayoría poliinsaturados, seguido de ácidos grasos monoinsaturados y ácidos grasos saturados. También cuenta con esteroides ( $\beta$ -sitosterol, campesterol, estgmasterol y sitosterol) que desempeñan un papel importante en la regulación de los niveles de colesterol (Amri et al., 2017). Las semillas al igual que los arilos son una fuente de antocianinas como la delfinidina, cianidina y pelargonidina (Elfalleh et al., 2011).

La granada tiene hojas que se emplean para producir extractos en medicina tradicional o para infusiones (D. Wang et al., 2018) Otro estudio reporta que se identificaron en un extracto acuoso/etanólico de hojas cerca de 23 compuestos de los cuales 11 fueron ácidos fenólicos, 8 taninos, 3 antocianinas y 1 flavonoide, el componente mayoritario fue el ácido elágico (Ge et al., 2021). Las flores son ricas en flavonoides, taninos y ácidos fenólicos como el ácido gálico o el ácido elágico. Es una fracción no comestible, sin embargo su extracto está enfocado a infusiones para el tratamiento de inflamación, diabetes, infecciones bacterianas o bronquitis (Bekir, Mars, Vicendo, Ftterich, & Bouajila, 2013). Los principales lípidos que se encuentran en la cáscara son el ácido linoleico, palmítico y oleico (G. Benedetti et al., 2023). Así mismo, también presenta cantidades elevadas de fitonutrientes como flavonoides, elagitaninos y ácidos hidroxibenzoicos. Es importante destacar que las semillas se consideran un subproducto, pero se pueden extraer valiosos compuestos bioactivos (G. Benedetti et al., 2023).

Aproximadamente, el 50% del peso total de la granada corresponde a la corteza y a las membranas carpelares, que son una fuente importantísima de compuestos bioactivos como polifenoles, flavonoides, elagitaninos, proantocianidinas y minerales principalmente potasio, nitrógeno, calcio, fósforo, magnesio y sodio. Por lo que, los productos nutracéuticos y condimentos alimentarios elaborados a partir de extractos de corteza y la parte comestible de la granada representa alrededor del 50 % del peso total de una granada y a su vez consiste en un 80 % de arilo (parte carnosa) y un 20 % de semilla (parte leñosa). La composición de los granos de granada es la siguiente: agua (85 %); azúcares (10 %), principalmente fructosa y glucosa; ácidos orgánicos (1.5 %), principalmente ácido ascórbico, cítrico y málico; compuestos bio-activos tales como polifenoles y flavonoides (principalmente antocianinas). Los granos de granada son una fuente importante de lípidos, ya que las semillas contienen una cantidad de ácidos grasos que oscilan entre el 12 y el 20 % de su peso total (peso seco). El perfil de ácidos grasos se caracteriza por un alto contenido en ácidos grasos insaturados tales como ácido linolénico, linoleico, púnico, oleico, esteárico y palmítico (Plus, 2011).

Por otra parte, la granada es una fuente rica en polifenoles, compuestos que ejercen efectos beneficiosos sobre la salud humana gracias a su alta capacidad antioxidante. Entre ellos, la punicalagina destaca como el elagitanino más abundante dentro de los taninos hidrolizables, con concentraciones que oscilan entre 11 y 20 g/kg en el fruto fresco y alcanzan hasta 43.6 mg/ml en el jugo. Además, contienen ácido elágico (10-50 mg/100g fruto fresco y 2.06 mg/ml en el jugo) y sus glicósidos conjugados, glucósido y ramnósido, los cuales conforman los taninos hidrolizables (Martínez Carmona, 2018). A diferencia de los arilos, el nivel de antioxidantes en los jugos preparados a partir de la fruta entera está relacionado significativamente con el contenido de los cuatro taninos hidrolizables en los que predomina la punicalagina; las propiedades de esta dependen de los cultivares, los lugares de cultivo y climas, y etapas de maduración (Kalaycıoğlu & Erim, 2017).

La cáscara de granada además de contener polifenoles en comparación con su concentración en cualquier otra parte de la fruta, principalmente taninos hidrolizables (punicalina, punicalagina, ácido gálico y elágico) y flavonoides (antocianinas, catequinas y otras sustancias complejas), es muy rica en fibra, especialmente insoluble. Actualmente, la fibra dietética (FD) se considera un nutriente. Su capacidad de retención de agua, desempeña un

papel importante en el proceso de digestión, lo que ayuda al movimiento de nutrientes en el intestino y reduce la incidencia de cáncer de colon (Torres, Lebed, Arcia, Curutchet, & Cozzano, 2020).

#### 4.1.3 Composición química

La composición de la granada varía con respecto al tipo de cultivo, región de crecimiento, clima, madurez y manejo postcosecha. Las características organolépticas y beneficios de su consumo están relacionadas con la presencia de compuestos fenólicos, que otorgan propiedades antioxidantes. La granada de la variedad Wonderful es la más consumida en el continente americano derivado de su adaptación en el territorio, en la tabla 1 se presenta un análisis proximal de la composición del fruto (Coronado-Reyes, Cortés-Penagos, & González-Hernández, 2022)

**Tabla 1** Composición del fruto de granada. (Coronado-Reyes et al., 2022)

Constituyente	Concentración
Agua (g)	82.5
Fibra (g)	3.1
Proteína (g)	0.7
Lípidos (g)	0.6
Carbohidratos (g)	16.7
Glucosa*	7.2
Fructosa *	7.9
Sacarosa *	1.0
Sodio*	7.0
Potasio*	290.0
Calcio *	8.0
Magnesio	3.0
Fosforo*	17.0
Hierro *	0.5
Tiamina (B1)	0.05
Rivoflavina (B2)	0.02
Ácido ascórbico	7.0

<b>Nicotinamida</b>	0.3
<b>Ácidos orgánicos</b>	0.77
<b>Ácido málico</b>	0.1
<b>Ácido cítrico</b>	0.5

\*Composición por 100 g de contenido comestible.

Como se puede observar está constituida en mayor medida por carbohidratos, seguido de lípidos y proteínas lo que le confiere un aporte bajo en calorías. También es una fuente importante de potasio y vitaminas, baja concentración de sodio lo que le confieren propiedades diuréticas, la concentración en ácido cítrico favorece la eliminación del ácido úrico, por lo que su consumo es ideal en caso de padecer gota, obesidad o hipertensión (Coronado-Reyes et al., 2022). Estas propiedades funcionales pueden verse influenciadas por el método de extracción utilizado, ya que el tipo de técnica de extracción de jugo pueden afectar la composición final, en particular el contenido de compuestos bioactivos como los polifenoles, vitaminas y minerales (Zahed, Esmailzadeh Kenari, & Farahmandfar, 2023).

#### **4.1.4 Métodos de extracción de jugo de granada**

El método de extracción de jugo de granada que se ha empleado tradicionalmente es el prensado manual. Sin embargo, la riqueza de compuestos bioactivos de todo el fruto no sólo del jugo ha impulsado la búsqueda de técnicas de extracción eficaces para el aprovechamiento de todo el fruto, considerando una perspectiva viable, eficaz, sustentable (Giada Benedetti et al., 2023).

##### **4.1.4.1 Tratamientos térmicos en extracción de jugos**

El tratamiento térmico (pasteurización) suele utilizarse para la conservación y prolongación de la vida útil de los jugos, inactivando microorganismos y enzimas endógenas, de acuerdo con la FDA (Food and Drug Administration por sus siglas en inglés) 71.7°C por 15 segundos redujo los ooquistes de *Cryptosporidium parvum*, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes* y *E. coli*. (Putnik et al., 2019).

Sin embargo, este proceso está indicado para consumo inmediato derivado de que su calidad sólo durara escasos días en refrigeración, aunado a ello las características sensoriales están asociadas a cambios en el color derivado de la degradación de las antocianinas y formación de pigmentos poliméricos incoloros o color marrón indeseable. Para contrarrestar este tipo

de inconvenientes, se han propuesto alternativas para su pasteurización como: LTLT (Long temperature, long time) y HTST (High temperature, short time) pero se han reportado efectos adversos en el color y contenido nutritivo (Putnik et al., 2019).

#### **4.1.4.2 Tratamientos no térmicos**

El principal objetivo de estas tecnologías es superar todos los impactos negativos del procesamiento térmico, conservando los beneficios del fruto. Las tecnologías innovadoras proporcionan una influencia mínima del procesamiento y la conservación de propiedades funcionales, manteniendo calidad y seguridad (Van Impe et al., 2018). Algunas opciones para el tratamiento no térmico de extracción de jugo de granada incluyen la irradiación ultravioleta, altas presiones hidrostáticas, campo eléctrico pulsado y plasma frío.

#### **4.1.4.3 Altas presiones hidrostáticas**

El procesamiento a alta presión hidrostática o también conocido como procesamiento a alta presión, es uno de los métodos más prometedores utilizados en la conservación de alimentos que emplea presiones que oscilan entre 100 y 1000 MPa se caracteriza por tres parámetros importantes: temperatura, presión tiempo (Putnik et al., 2019). De acuerdo con ésta tecnología se basa en dos principios fundamentales: la distribución isostática y el principio de Le Chatelier menciona que si un sistema químico sufre un movimiento, este debe ajustarse para minimizar el cambio, es decir, que cuando la presión se produce de manera uniforme, un cambio en la presión, temperatura, volumen o concentración conlleva a un equilibrio para contrarrestar el equilibrio y establecer un nuevo equilibrio (Martínez-Monteagudo & Balasubramaniam, 2016).

La tecnología de altas presiones inactiva bacterias patógenas y de deterioro, las levaduras y los mohos, dañando las membranas celulares, afectando la homeostasis, desnaturalizando e inactivando las proteínas, incluidas las enzimas implicadas en la replicación, cambiando la morfología de la célula. Sin embargo, el inconveniente que presenta es que tiene poca eficacia contra esporas por lo que puede combinarse con otras tecnologías para potenciar su eficacia. Además los parámetros de control, dependerán de la composición de los alimentos, pH, y actividad de agua (Putnik et al., 2019).

#### 4.1.5 La granada como alimento funcional

La granada (*Punica granatum* L.) es un fruto que contiene diversas propiedades funcionales que al ser consumidas benefician al organismo (Valdés Miramontes, Virgen-Carrillo, Martínez Moreno, Pineda-Lozano, & Fonseca-Bustos, 2019). Actualmente existen evidencias sobre los efectos benéficos que contienen ciertos alimentos, incluyendo la granada, esto ha generado que los grupos de investigación se estén enfocando en el estudio de sus propiedades que pueden ser una alternativa para usarlos como tratamientos para diversas enfermedades como la diabetes mellitus (Mirmiran et al., 2014). López-Mejía y otros autores (2010) mencionan que las propiedades antioxidantes confieren propiedades anticancerígenas, antitumorales, antimicrobianas y otros autores también mencionan que los antioxidantes presentes en la granada confieren propiedades antivirales (Khalifa, Zhu, Nafie, Dutta, & Li, 2020).

El organismo humano está expuesto a distintas sustancias oxidantes o radicales libres que dañan las moléculas biológicamente importantes. Los radicales libres son átomos que poseen un electrón desapareado y tienden a robar un electrón de las moléculas que químicamente son estables con la finalidad de lograr una estabilidad química. Debido a esto, el cuerpo humano cuenta con enzimas que contrarrestan el efecto de compuestos oxidantes y actúan como antioxidantes que bloquean la reactividad de los radicales libres que en cantidades elevadas dañan y causan muerte celular (Liao, 2016). El consumo de frutas, verduras, vinos tintos, jugos proporcionan protección contra enfermedades, por la capacidad antioxidante para eliminar los radicales libres (Espín et al., 2000). El consumo regular de jugo de granada puede aportar efectos positivos sobre la reducción de presión arterial, mejora niveles de colesterol, salud cardiovascular y prevención de aterosclerosis (M. Aviram & Rosenblat, 2013). Además de que los compuestos bioactivos pueden contribuir a amplias funciones como antiinflamatorias, antibacterianas, anticancerígenas y de protección cardiovascular (Y. Mo et al., 2022).

El fruto de granada ha sido utilizado en medicina popular debido a sus altos efectos terapéuticos atribuidos a su composición química con cantidades sustanciales de compuestos fenólicos como taninos hidrolizables y flavonoides presentes en piel y jugo. Estos polifenoles exhiben varias actividades biológicas como eliminación de radicales libres, inhibición de la

oxidación y crecimiento microbiano. Asimismo, disminuyen el riesgo de enfermedades cardíacas y cerebrovasculares y algunos tipos de cáncer (Gutiérrez-Pacheco, 2015). Caruso et al, (2020) señalan que las propiedades biológicas y funcionales de la granada, pueden aplicarse en enfermedades como neoplásicas, cardiovasculares virales, inflamatorias, metabólicas, microbianas, intestinales, reproductivas y de la piel.

En los últimos años, el consumo de los llamados "superalimentos" se ha convertido en una nueva tendencia alimentaria como parte de una nutrición más sana y consciente. Este término comprende alimentos con propiedades específicas que mejoran la salud, como la reducción de las especies reactivas del oxígeno (ROS) o actividades antiproliferativas para la prevención del cáncer. Uno de los superalimentos más populares es la fruta subtropical granada por su alto contenido de compuestos fenólicos solubles, que son conocidos antioxidantes. Los arilos contienen punicalaginas, ácido eláxico y flavonoides, como las antocianinas, estos metabolitos secundarios se asocian con la actividad antioxidante, la inhibición del daño al ADN y la supresión del crecimiento de las células cancerosas (Kostka et al., 2020).

Algunos efectos fisiológicos que se le atribuyen a la granada se han relacionado con la disminución de la hiperglucemia y la resistencia a la insulina. Las evidencias sobre los efectos benéficos atribuidos a los compuestos bioactivos de ciertos alimentos, entre los que se incluye la granada, han incrementado el estudio de sus propiedades como alternativa en el tratamiento complementario de enfermedades crónicas como la diabetes mellitus (Valdés Miramontes et al., 2019). Autores como Bhatia y colaboradores, (2020) mencionan que la punicalagina junto con otros compuestos polifenólicos tiene función como broncodilatador que puede ser útil para superar las dificultades respiratorias de los pacientes con enfermedad COVID-19 en etapas tempranas de la infección. Un artículo publicado por Cao y colaboradores (2020) menciona que la punicalagina puede ser un nutriente efectivo para prevenir trastornos generados por el estrés prenatal como la difusión cognitiva. También mencionan que la suplementación con jugo de granada en mujeres embarazadas puede reducir el riesgo de tener lesiones placentarias y confiere neuroprotección a los bebés con restricción de crecimiento intrauterino.

Mo, y colaboradores, (2019) investigaron los efectos protectores de la punicalagina de granada en hígado de ratones con diabetes mellitus tipo 2, tras cinco semanas de tratamiento obtuvieron muestras de sangre e hígado. Los resultados mostraron que la punicalagina, aumentaba sensibilidad a la insulina, y redujo los niveles de ácidos grasos libres en suero y la esteatosis hepática. Actividad antioxidante: La granada reduce especies reactivas del oxígeno y aumenta los niveles de enzimas antioxidantes. En otra investigación se reportó que 200 ml de jugo de granada al día con un contenido de 2115 mg/ml de polifenoles totales y 385 µg /ml de flavonoides durante 6 semanas redujo parámetros oxidativos en la sangre, como las LDL oxidadas y aumentaba la TAC sérica en individuos con diabetes tipo 2 (Feng, Yang, Wang, Tong, & Xu, 2020). Actividad anti inflamatoria: Diversos estudios han demostrado que los extractos de granada tiene efecto preventivos contra varios tipos de enfermedades inflamatorias (Feng et al., 2020). Shukla y colaboradores, (2008) emplearon el extracto de granada a un modelo murino de artritis reumatoide. Los resultados revelaron que el extracto redujo la infiltración inflamatoria y los marcadores como (IL-6, IL-1 $\beta$  y TNF- $\alpha$ ) en las articulaciones de los ratones. Actividad antidiabética. Previos reportes han demostrado que la granada está dotada de efectos positivos sobre la homeostasia glucémica y la suplementación con extractos de granada reduce los niveles de glucosa en sangre en diferentes modelos murinos con diabetes (Giada Benedetti et al., 2023). En 60 pacientes con diabetes tipo dos participaron en un ensayo aleatorizado recibieron un suplemento de 5 g de polvo de semillas de granada dos veces al día durante 8 semanas. Los análisis de muestras de sangre revelaron que se redujeron los niveles de glucosa sérica en ayunas y hemoglobina glicosilada (Seyed Hashemi et al., 2021).

A la granada se le atribuyen funciones antifúngicas y antibacterianas gracias a la presencia de compuestos como las punicalaginas, estas inhiben el crecimiento de especies bacterianas Gram + y Gram -, como *Candida albicans*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* o *Staphylococcus aureus* (Giada Benedetti et al., 2023). Resultados alentadores se observaron en un estudio donde utilizaron colutorio o gel de granada en comparación con un producto a base de clorhexidina, derivado de la acción antimicrobiana de los extractos de la granada contra *Streptococcus mutans* (De Medeiros Nóbrega et al., 2015). En los últimos años, varios estudios han reportado que ciertos polifenoles pueden reducir la replicación y la difusión del SARS-CoV-2, incluyendo la interacción de los extractos de granada con los receptores

encargados de la actividad funcional (Maphetu, Unuofin, Masuku, Olisah, & Lebelo, 2022). Los principales polifenoles en el extracto de granada fueron evaluados en modelos *in silico* e *in vitro*, en estudios moleculares revelando que la punicalina, punicalagina, ácido elágico y urolitina A creaban una interacción para inhibir la efectividad del virus (Suručić et al., 2021). Las propiedades anticancerígenas se han reportado en líneas celulares prostáticas, cervicales, mamarias, pancreáticas, pulmonares, colónicas y hepatocelulares a través de diferentes mecanismos (Pantiora et al., 2023; Teniente et al., 2023). La punicalagina, el ácido elágico y los taninos totales de la granada exhibieron actividades apoptóticas y antiproliferativas en células humanas de cáncer de colon, oral y de próstata (Giada Benedetti et al., 2023).

#### **4.1.6 Actividad antihipertensiva**

Actividad cardiovascular: En un estudio realizado por Huang y colaboradores, (2005) observaron un efecto protector en ratas, tras la administración oral de un extracto de flor de granada durante 6 semanas (500 mg/kg). El tratamiento redujo los niveles plasmáticos de triglicéridos y ácidos grasos, mejorando el metabolismo lipídico cardiaco anormal. Además de los efectos cardioprotectores, la ingesta de granada también se asoció a una disminución de la presión arterial; mitigando las especies reactivas del oxígeno (Khoo et al., 2010). En relación a la actividad neuroprotectora, recientes investigaciones no sólo se han enfocado en actividad antioxidante o antiinflamatoria directa, sino también en la regulación del metabolismo de los neurotransmisores. Efectos neuroprotectores de los extractos de granada inhibiendo la colinesterasa y el aumento de capacidad antioxidante, en ratas obesas inducidas por una dieta rica en grasas y alta en fructosa (Amri et al., 2017).

##### **4.1.6.1 Sistema Renina Angiotensina Aldosterona (SRAA)**

El sistema renina angiotensina aldosterona es un mecanismo muy importante que regula la presión arterial y el equilibrio de agua y electrolitos en el organismo modificando la concentración de sodio en el plasma y el volumen de líquido extracelular (Martyniak & Tomasik, 2023). El SRA incluye la renina, producida por el aparato yuxtaglomerular del riñón, una proteína hepática denominada angiotensinógeno, que da lugar a reacciones enzimáticas que dan lugar a la angiotensina II. La angiotensina II actúa a varios niveles para garantizar la regulación de la función cardiovascular, renal y homeostasis corporal (Vargas

Vargas, Varela Millán, & Fajardo Bonilla, 2022). A continuación, se describen cada uno de sus componentes: La enzima convertidora de angiotensina 1, pertenece al grupo de las dipeptidasas y endoproteasas. Su principal efecto es la hidrólisis de la angiotensina I en angiotensina II mediante la escisión del C-terminal del péptido. La glicoproteína de la ECA1 está asociada a la membrana celular de las células endoteliales vasculares de los pulmones, donde es más activa. La actividad de la enzima depende de la presencia iones cloruro, mientras que es inhibida por agentes quelantes como metales pesados, compuestos sulfhídrico y algunos péptidos (Studdy, Lapworth, & Bird, 1983). Una función adicional de la enzima es la inactivación de péptidos vasodilatadores como la bradiquinina y calidina (Carey & Siragy, 2003).

Posee la mayor actividad biológica entre los péptidos hipertensores relacionados con la angiotensina. La acción de este octapéptido se basa en su interacción con los receptores de angiotensina de tipo I y II. Tiene mayor afinidad por el receptor de angiotensina de tipo I que se localiza en los riñones, musculo liso vascular, pulmones, hígado y una menor afinidad por el receptor de tipo II (Martyniak & Tomasik, 2023). La potencia de la angiotensina III es equivalente a la angiotensina II para aumentar la presión arterial, la secreción de aldosterona y la función renal (Gammelgaard, Wamberg, & Bie, 2006; Yugandhar & Clark, 2013). De acuerdo con diversos estudios, presenta una actividad hipotensora baja, se forma a partir de la Angiotensina III por la acción de la aminopeptidasa N. En los riñones la angiotensina IV aumenta el flujo sanguíneo en la corteza renal y reduce el transporte de iones sodio a los túbulos proximales aislados del riñón (Chai et al., 2004). Estructuralmente se parece a la angiotensina II, solo difieren en un aminoácido. Se forma a partir de la angiotensina II por descarboxilación del Asp 1 y esta fisiológicamente presente en la circulación a una concentración inferior al 20% de la concentración de Ang II (Jankowski et al., 2007).

Las células yuxtglomerulares presentes en la pared de las arteriolas aferentes del riñón contienen prorrenina. El riñón es el lugar de activación de la prorrenina que con ayuda de las enzimas como la proconvertasa que se activa con dos mecanismos: la vía proteolítica, en esta, la enzima proconvertasa 1 y la catepsina B eliminan un segmento del extremo N-terminal activando la renina funcionl y también mediante la vía no proteolítica, la prorrenina se une al receptor de prorrenina (PPR) induciendola a un cambio que genera la activación de la

enzima sin escisión proteolítica (Kurtz, 2012). La liberación de la renina yuxtaglomerular se regula por diversos estímulos como: cambios en la perfusión renal percibidos por el mecanismo transductor de presión en las arteriolas aferentes, mediante el aporte de sodio y cloruro al túbulo contorneado distal percibido por la mácula densa, por el aumento del flujo beta-simpático que actúa a través de los receptores beta-1 adrenérgicos y por la retroalimentación negativa de factores humorales como la angiotensina I, el potasio y el ANP (péptido natriurético auricular).

Estas condiciones dirigen a una disminución de la perfusión renal y a una reducción del contenido tubular de sodio probando la liberación de la enzima renina a torrente sanguínea, se tiene considerado que la semivida de la renina es de 10-15 minutos (Fountain, Kaur, & Lappin, 2023). La aldosterona se sintetiza principalmente en la zona glomerulosa de la corteza suprarrenal, su secreción depende de la angiotensina II y la concentración de potasio extracelular. La aldosterona influye en la homeostasis de la sal y el agua regulando la sed y el apetito de sal a través de los receptores mineralocorticoides presentes en varias regiones del cerebro (Xue, Zhang, Roncari, Guo, & Johnson, 2012). El sistema renina angiotensina aldosterona (SRAA) es una mezcla de enzimas y péptidos que controlan la presión arterial. En la actualidad los nuevos informes buscan nuevos fármacos y estrategias para tratar la hipertensión de forma más rápida y eficaz, reduciendo al mismo tiempo los efectos secundarios de los medicamentos.

Hoy en día existen algunas bebidas que contienen antioxidantes y otros compuestos como vitaminas, minerales que las convierten en una fuente importante para el consumidor debido a su aporte hidratante. Gironés-Vilaplana y otros autores (2013) mencionan que el ejercicio aumenta el estrés oxidativo a través de la formación de especies reactivas de oxígeno y especies de nitrógeno, por lo que es importante el consumo de bebidas que además de rehidratar contengan antioxidantes que ayuden a evitar el estrés oxidativo (Gironés-Vilaplana, Villaño, Moreno, & García-Viguera, 2013). Estudios recientes han evidenciado que el consumo de extracto de granada también está relacionado a mejorar el rendimiento en deportistas reduciendo el estrés oxidativo, modulando la inflamación (Ammar et al., 2018).

#### 4.1.7 Efecto del jugo de granada en el deporte

Actualmente, se considera que para llevar un estilo de vida saludable es necesario realizar actividad física y comer bien. El ejercicio es un estresor fisiológico y complejo, aumentando los indicadores de lesiones musculares, inflamación y estrés oxidativo. Se ha reportado que el ejercicio frecuente y moderado ayuda a prevenir el síndrome metabólico, la diabetes tipo 2, enfermedades cardiovasculares y neurológicas (Larrosa et al., 2024). Hoy en día las personas que realizan alguna actividad física lo hacen sin ayuda de un profesional y esto puede llevarlos a una pérdida de electrolitos, así como al sufrir deshidratación. Esto ocurre debido a la pérdida de agua corporal por un incremento en la tasa de sudoración que es la medida de la pérdida de agua y depende de factores como condiciones temperatura y humedad del medio ambiente, genética y condición del deportista. Para evitar estos padecimientos es de gran importancia el mantener una buena euhidratación que les ayude a tener mejor rendimiento durante la actividad física así como a mantener la salud (Ortiz et al., 2019). La pérdida de agua y sales minerales impactan en el rendimiento deportivo afectando la salud de los deportistas puesto que no ingieren los líquidos necesarios para reponer las pérdidas producidas (Hernández, Carrasco, Fernández, González, & Ortiz, 2021).

El contenido de agua corporal es de aproximadamente un 60% y puede variar por factores como edad, género, situaciones patológicas, composición muscular, etc. Esta se encuentra en el organismo repartida entre a sangre, la linfa, el espacio intersticial, entre otros. Se localiza como agua intracelular (2/3 partes del total) y extracelular (1/3 del total), la obtención de agua se da principalmente por la ingesta de líquidos (2.300 mL/día) así como por la producción de agua mediante las reacciones del metabolismo celular (200 mL/día). En lo que respecta a las fuentes de salida de agua, principalmente es mediante la orina (1.500 mL/día), seguido por transpiración cutánea (350 mL/día), ventilación pulmonar (350 mL/día), sudoración (150 mL/día) y también existe una eliminación de agua mediante heces (159 mL/día) (Hernández et al., 2021). La pérdida de agua corporal se refleja en la disminución de volumen plasmático, esto ocasiona una disminución de la presión arterial así como menor flujo sanguíneo hacia músculos y piel, de igual manera, se ve afectado el sistema digestivo provocando náuseas, vómito y diarrea (Vega-Pérez, Ruiz-Hurtado, Macías-González, García-Peña, & Torres-Bugarín, 2016).

Por estas razones es importante recuperar los líquidos perdidos después de la práctica deportiva, una investigación del efecto del jugo de granada sobre el estado oxidativo de los atletas de resistencia posterior a tres semanas de consumo, los resultados demostraron que todos los parámetros sanguíneos se encontraban dentro de un rango saludable. De acuerdo con esta investigación se contempla la teoría de que el consumo de jugo de granada puede haber optimizado la intensidad del entrenamiento a lo largo del periodo de estudio mejorando la percepción de la fatiga en las sesiones de entrenamiento (Fuster-Muñoz et al., 2016). Este comportamiento podría estar relacionado a los beneficiosos efectos que tiene la ingesta de polifenoles provenientes de la granada, facilitando el transporte de nutrientes a través de los vasos sanguíneos al músculo esquelético y favoreciendo la excreción de subproductos metabólicos nocivos (Bibi et al., 2024).

Otro estudio realizado Pranskuniene y colaboradores, (2020) reportó que al administrar 1000 mg de extracto de granada 30 min previos a un sprint de alta intensidad puede mejorar la amplitud de arterias coronarias y el flujo sanguíneo atribuyendo este comportamiento a las altas concentraciones fenoles y polifenoles en el extracto de granada. De acuerdo a los estudios mencionados, los suplementos de granada pueden ser benéficos para la salud cardiovascular y el estado antioxidante, así como para otras actividades físicas. Puede ser considerado también como un sustituto natural de los suplementos convencionales para los deportistas que buscan mejorar su actividad física y bienestar general. Sin embargo, es necesario realizar más investigaciones para complementar los mecanismos de acción y mejorar las técnicas de suplementación (Bibi et al., 2024). Derivado de diferentes investigaciones, hacen referencia que los suplementos de granada pueden ser una alternativa eficaz que otros alimentos ricos en polifenoles para aumentar el rendimiento y la recuperación muscular (Bibi et al., 2024).

#### **4.1.8 Evaluación sensorial**

La evaluación sensorial es un estudio de cómo reaccionan los seres humanos ante distintos estímulos, en el mecanismo de la sensación y la percepción intervienen diversos factores. En este sentido la evaluación sensorial se ha basado en protocolos unificados para comprender las interacciones entre los estímulos para poder llevarla a cabo, se segmenta en tres secciones principales de acuerdo a sus características: 1) Pruebas de discriminación, se centran en

determinar si los productos son diferentes o similares en términos de atributos; 2) análisis descriptivo, proporciona información cualitativa y cuantitativa detallada de las características sensoriales de los productos evaluados y 3) pruebas de consumo, se enfocan en entender respuestas hedónicas y emocionales de los consumidores hacia los productos (Torrico, Mehta, & Borssato, 2023).

Las pruebas afectivas se emplean para establecer la aceptabilidad o preferencia del consumidor por determinado producto a través del agrado o desagrado. Los métodos afectivos más utilizados son las preferencias emparejadas, clasificación por preferencias y escalas hedónicas. En la escala hedónica se evalúa el grado de agrado de un producto, las escalas hedónicas más utilizadas son la escala de 7 y 9 puntos con expresiones que van desde el desagrado extremo hasta el agrado extremo y se trabaja con jueces consumidores. Mediante estas escalas, el evaluador puede comparar la aceptabilidad de numerosos productos (Sharif, Butt, Sharif, & Nasir, 2017).

En estudios recientes se han desarrollado nuevos métodos para captar una respuesta más real de los participantes, de acuerdo con Rodrigues y Teixeira (2024), refiere que algunas de las técnicas novedosas son el uso de mediciones biométricas (expresiones faciales, frecuencia cardiaca, temperatura corporal y seguimiento ocular), cromatografía y espectroscopia emplean sensores para detectar y cuantificar compuestos específicos asociados al sabor, aroma y textura. La imagen digital (E-eye) es otro método emergente que utiliza cámaras y algoritmos para analizar las características visuales de los productos, herramientas virtuales y sentidos artificiales se siguen explorando como herramientas para comprender la compleja naturaleza de las respuestas humanas ante las pruebas sensoriales.

## 5 OBJETIVOS

### 5.1 Objetivo general

Extraer y caracterizar jugo de granada obtenido mediante dos técnicas: tradicional y prensado mecánico para analizar su composición fisicoquímica y evaluar sus propiedades antioxidantes, antihipertensivas y su efecto en deportistas.

### 5.2 Objetivos específicos

- ❖ Extraer jugo de granada mediante método tradicional y prensado en frío para caracterizar sus propiedades bromatológicas, antioxidantes y fisicoquímicas.
- ❖ Realizar estudio de vida de anaquel considerando diversos tiempos para evaluar su calidad.
- ❖ Determinar la inhibición de la enzima convertidora de angiotensina utilizando el Kit ECA para evaluar su actividad antihipertensiva.
- ❖ Evaluar sensorialmente mediante una prueba hedónica para determinar el nivel de agrado de los consumidores.
- ❖ Evaluar la biodisponibilidad de la bebida mediante la simulación gástrica para analizar la absorción de compuestos bioactivos.
- ❖ Evaluar el estado de hidratación en deportistas mediante análisis antropométricos, escala de Armstrong y uroanálisis.

## **6 HIPÓTESIS**

El consumo de jugo natural extraído mediante prensado mecánico y sanitización hiperbárica aporta beneficios a la salud como reducir los niveles de ECA en personas hipertensas y ayuda a rehidratar el organismo después de realizar alguna actividad física

## 7 MATERIALES Y MÉTODOS

### 7.1 Materiales

La fruta de granada de la variedad Wonderful fue adquirida en Tasquillo, Hidalgo, México, la época del año en la que se cosechó fue en verano en el mes de agosto y los frutos fueron seleccionados en base a sus características morfológicas y sin presencia de daños físicos.

### 7.2 Proceso de extracción

#### 7.2.1 Extracción manual del jugo de arilo

Los frutos se lavaron con detergente al 1% y agua. Los arilos se separaron manualmente de la cáscara y se desinfectaron químicamente con hipoclorito de sodio a 80 ppm durante 15 minutos. A continuación, se extrajo el jugo con un exprimidor manual (Noval Mod. n° 4). Los jugos se envasaron en botellas de polipropileno blanco opaco de 250 ml herméticamente cerradas. El jugo se pasteurizó en un baño de agua (Thermo Scientific No. TSU-GP20 Series) a 60°C durante 30 min y se mantuvo refrigerado a 5 °C. Las muestras se describieron como «extracción manual seguida de pasteurización» (Man-P).

#### 7.2.2 Extracción del jugo de los arilos por prensado en frío

Los frutos fueron lavados con detergente al 1% y agua, los arilos fueron separados manualmente. Los arilos fueron sometidos a un tratamiento de sanitización química (cloro frescor Suma, 80 ppm). El jugo fue extraído utilizando un equipo Good Nature X-1, el cual fue previamente lavado (detergente Diverdet 0.5% v / v) y sanitizado con solución de hipoclorito de sodio (NaClO) a 80 ppm. Los arilos fueron colocados en una bolsa prensa (Press Bag—Wide Weave) y prensados con una fuerza de 1800 PSI durante 40 s. Se utilizaron tres ciclos de alta presión para completar la extracción del jugo. Las muestras fueron envasadas en botellas de polipropileno blanco opaco de 250 mL herméticamente selladas. Las muestras envasadas fueron sometidas a un tratamiento de sanitización de alta presión (Hyperbaric 55, España) en el cual se realizó un ciclo de operación a 5000 bar durante 5 min a 12 °C. Las muestras se mantuvieron a 5 °C y se etiquetaron como “extracción mecánica con sanitización hiperbárica” (Mec-Hip).

### **7.3 Caracterización fisicoquímica**

#### **7.3.1 Análisis bromatológico**

Se determinaron los análisis bromatológicos: humedad (950,27), grasa (986,25), proteína (999,12), ceniza (923,03), fibra (992,21) y sólidos solubles totales (932,12) según AOAC, 2000.

#### **7.3.2 Valor del pH**

Las mediciones de pH se realizaron por triplicado siguiendo el método 981.2 descrito por la AOAC (2000) utilizando un potenciómetro calibrado (HANNA Instruments, modelo HI 2210; Limena, Italia).

#### **7.3.3 Determinación del color**

El color de los jugos y las bebidas se determinó utilizando un colorímetro, modelo CR-400/410 (Konica Minolta, Foster City, CA, EE.UU.). Se colocaron 5 mL de cada muestra en un recipiente blanco y se analizaron utilizando la escala CieLab.

#### **7.3.4 Espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR)**

Los espectros de absorción de los jugos se obtuvieron mediante espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) (Perkin Elmer; Boston, MA, EE. UU.). Las muestras se colocaron en contacto íntimo con el cristal de diamante aplicando una presión de carga y se escanearon en un rango de  $400\text{ cm}^{-1}$  a  $4000\text{ cm}^{-1}$ . Los resultados se analizaron utilizando el software Spectrum™ 10 (Perkin Elmer, Boston, MA, EE. UU.).

#### **7.3.5 Análisis microbiológico**

Se evaluaron microorganismos indicadores de contaminación como *Salmonella* y *E. coli*, estas determinaciones se realizaron de acuerdo a la legislación mexicana (NOM-210-SSA-2014). Se siguieron los métodos de la NOM-11-SSA-1994 y NOM-092-SSA-1994 para la determinación de mohos y levaduras en alimentos y el recuento de bacterias aeróbicas (mesófilos aeróbicos), respectivamente. Las muestras se incubaron en cajas Petri de  $90 \times 15$  mm durante 24 h en una estufa (FELISA modelo FE-131; Zapopan, Jalisco, México) a  $37 \pm 2$  °C. Los resultados se expresaron como presencia o ausencia de microorganismos.

### 7.3.6 Determinación de fenoles totales

La determinación se realizó por el método de Folin Ciocalteu; 0.5 mL de muestra se mezclaron con 2.5 mL de reactivo de Folin Ciocalteu diluido (1:10) (Sigma Aldrich México) y se mantuvo durante 5 min en completa oscuridad. Posteriormente, se agregaron 2 mL de solución de carbonato de sodio al 7.5% y se homogeneizó. Después de 2 h de reacción, se midió la absorbancia en un espectrofotómetro (JEAWAY, Modelo 6705) a una longitud de onda de 760 nm. Los resultados se expresaron en mg de equivalentes de ácido gálico (mg GAE). Previamente se preparó una curva de calibración a partir de una solución madre de ácido gálico a una concentración de 1000 mg/L.

### 7.3.7 Determinación de flavonoides

Se mezclaron 2 mL de solución metanólica de tricloruro de aluminio al 2% ( $\text{AlCl}_3$ ) (Fermont, productos químicos Monterrey, México) con 2 mL de la muestra y se mantuvo en oscuridad durante 20 min. La absorbancia se leyó a 415 nm en un espectrofotómetro (JEN-WAY, modelo 6705). Los resultados se expresaron en miligramos de quercetina equivalente (mg/EQ). Se preparó una curva de calibración a partir de una solución madre de quercetina a una concentración de 1000 mg/L.

### 7.3.8 Determinación del contenido total de antocianinas monoméricas mediante el método diferencial de pH para antocianinas totales (AT)

Este método se realizó utilizando la diferencia de pH. Se utilizaron dos soluciones: (1) cloruro de potasio (pH 1.0) y (2) acetato de sodio (pH 4.5). En un tubo de ensayo, se mezclaron 2 mL de la solución 1 y 500  $\mu\text{L}$  de jugo (15 min a 25 °C). En otro tubo de ensayo, se mezclaron 2 mL de la solución 2 y 500  $\mu\text{L}$  de jugo (15 min a 25 °C). El mismo paso se realizó para el tampón de acetato de sodio. Cada tubo se leyó a dos absorbancias 520 nm (tubo con tampón 1) y 700 nm (tubo con solución 2) en un espectrofotómetro (Jenway Genova, Modelo 6705, Bibby Scientific; Stafford, Reino Unido) (Lee, Durst, & Wrolstad, 2005). La absorbancia final se calculó con la siguiente ecuación:

$$A = (A_{520} - A_{700})_{\text{pH } 1.0} - (A_{520} - A_{700})_{\text{pH } 4.5}$$

La concentración de pigmentos monoméricos en el extracto se expresó como cianidina-3-glucósido.

$$\text{Cianidina-3-glucósido mg/mL} = A \times M_w \times DF / \epsilon \times l \quad (100)$$

Donde: A = absorbancia; MW (peso molecular) = 449,2 g/mol para el cianidin-3-glucósido (cyd-3-glu); DF = factor de dilución establecido en D; l = longitud del trayecto en cm;  $\epsilon$  = coeficiente de extinción molar 26 900 en L mol<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>, para el cyd-3-glu; factor de conversión de g a mg fue de 1000.

### 7.3.9 Determinación de la eliminación de radicales ABTS

Se preparó una solución radical ABTS (ácido 2, 2'-azino-bis [3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico]) según el método de Re y colaboradores (1999). En primer lugar, se mezcló persulfato de potasio 2,45 mM en una proporción v / v de 1:1 con 7 mM de ABTS (Sigma-Aldrich; St. Louis, MI, EE. UU.). La mezcla se agitó a temperatura ambiente durante 16 h en la oscuridad. La solución ABTS se diluyó a  $0.70 \pm 0.02$  a 734 nm utilizando etanol. Luego, se mezclaron 2 mL de la muestra y 1 mL de solución radical ABTS estabilizada y, después de 6 min, se leyó la muestra a 734 nm en un espectrofotómetro (Jenway Genova, modelo 6705, Bibby Scientific; Stafford, Reino Unido). Se utilizó la siguiente fórmula para determinar el porcentaje de inhibición:

$$\text{Inhibición (\%)} = \frac{\text{Absorción inicial} - \text{absorción final}}{\text{absorción inicial}} (100)$$

### 7.3.10 Determinación de la eliminación de radicales DPPH

Para la decoloración del radical DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo), se mezclaron 0.5 mL de la muestra con 2.5 mL de una solución de DPPH en metanol de  $1.9 \times 10^{-4}$  mol/L (Sigma-Aldrich; St. Louis, MI, EE. UU.). La mezcla se mantuvo en la oscuridad durante 30 min y luego se leyó en un espectrofotómetro (Jenway Genova, modelo 6705, Bibby Scientific; Stafford, Reino Unido) a 515 nm. Se utilizó la siguiente fórmula para determinar el porcentaje de inhibición:

$$\text{Inhibición (\%)} = \frac{\text{Absorción inicial} - \text{absorción final}}{\text{absorción inicial}} (100)$$

### **7.3.11 Evaluación sensorial**

Se utilizó una prueba de nivel de agrado con una escala hedónica de 5 puntos (1: me gusta mucho, 2: me gusta, 3: ni me gusta ni me disgusta, 4: no me gusta y 5: me disgusta mucho) tal como se muestra en el anexo 1. Se realizó la prueba con 120 jueces consumidores estudiantes de licenciatura del Instituto de Ciencias Agropecuarias (68 mujeres 52 hombres, de 17 a 31 años de edad). Las muestras se presentaron en vasos de plástico del No. 0 previamente codificados con tres dígitos (código 104 para Man-P y código 325 para Mec-Hip), agregando 10 ml de muestra a una temperatura de  $4\pm 1^{\circ}\text{C}$  para su evaluación. Para el desarrollo de la prueba se utilizó un lápiz y un vaso con agua a temperatura ambiente para enjuagarse la boca entre muestras. Los consumidores evaluaron el nivel de agrado de los atributos de color, olor, sabor, textura y retrogusto.

## **7.4 Análisis *in vitro***

### **7.4.1 Biodisponibilidad *in vitro* del jugo de granada**

En un tubo de ensayo se mezclaron 5 ml de jugo con 20 ml de una solución de  $\text{CaCl}_2$  (0.3 M) + HCl (0.1 M), la pepsina se ajustó a 40, 000 unidades (Sigma-Aldrich; Munich, Alemania). El pH de la solución de pepsina se ajustó a 3 con HCl (6 M) y se incubó a  $38^{\circ}\text{C}$  en un baño térmico en movimiento constante para simular la fase gástrica durante 2h. Posteriormente, se tomaron 10 mL de sobrenadante obtenido de la fase anterior y se transfirieron a otro tubo de ensayo y se mezclaron con 1.25 mL de la mezcla (pancreatina, sales biliares en  $\text{NaHCO}_3$  (0.1 M), ajustando el pH a 7 con Hidróxido de sodio (0.5 M) las muestras se incubaron a  $38^{\circ}\text{C}$  durante 2h.

## **7.5 Funcionalidad de los jugos *in vivo***

### **7.5.1 Inhibición de la actividad de la enzima convertidora de angiotensina (ECA) por el jugo de granada procesado.**

Para el análisis de la actividad de la enzima convertidora de angiotensina (ECA), así como la inhibición de su actividad en los jugos procesados, se utilizó un kit de ensayo comercial (Angiotensin 1 Converting Enzyme “ACE” Activity Assay Kit—Fluorometric /Sigma Aldrich, Cat. CS0002-1KT, Batch. 0000128503/St. Louis, MO, EE. UU.). El ensayo se basó en la escisión de un péptido fluorogénico sintético. La fluorescencia medida fue directamente proporcional a la actividad de la ECA presente. Para el trabajo experimental se utilizó un

espectrofotómetro de fluorescencia (Cary Eclipse, Varian Inc., Mulgrave, VIC, Australia) con una longitud de onda de excitación de 320 nm y una longitud de onda de emisión de 405 nm. El suero fue donado por el Instituto Nacional de Cardiología de la Ciudad de México y correspondió a suero de pacientes de sexo femenino entre 56 y 65 años de edad, con cifras de presión arterial media de 152/92  $\pm$  13.25 mmHg. El suero se analizó para identificar si la muestra pertenecía a pacientes normotensos o hipertensos. De esta evaluación, se seleccionaron 40 muestras en total (20 muestras de pacientes normotensos y 20 muestras de hipertensos). El grupo normotenso se distribuyó en dos grupos (Man-P y Mec-Hip) con 10 réplicas para cada grupo. La misma distribución se realizó para las muestras hipertensas. Se utilizó enalapril a una concentración de 50  $\mu$ M como control. Los resultados se expresaron en nmol de IECA inhibidos por minuto (nmol/min). Para cada muestra de jugo (0,95  $\mu$ L/mL), se prepararon dos tubos de reacción por duplicado: uno con 10 muestras de suero de pacientes hipertensos y el otro con 10 muestras de suero de pacientes normotensos. Se incluyó suero de pacientes normotensos y de otro grupo de pacientes hipertensos como control. Se incluyó lisinopril a 50  $\mu$ M como inhibidor específico de la ECA. Se preparó una curva estándar en un rango de 0.0 a 0.8 nmol en un volumen de 100  $\mu$ L y, por duplicado, se mezcló la cantidad correspondiente de estándar y tampón de ensayo. Se construyó una curva cinética trazando la fluorescencia medida para cada muestra en unidades de fluorescencia relativa (RFU) frente al tiempo (en minutos), y se determinó la ecuación de regresión lineal para cada muestra. La actividad enzimática se calculó utilizando la pendiente de regresión lineal de la curva estándar y la pendiente de regresión lineal de la curva cinética de la muestra para transformar los valores de la muestra de RFU/min a nmol/min (unidades) de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\text{Actividad Enzimática de la Muestra (nmol/min)} = \frac{\text{Pendiente de la Curva Estándar (StdSlope)}}{\text{Pendiente de la Muestra (SlopeSample)}} \times \text{Factor de Dilución (DF)}$$

Donde:

StdSlope = Pendiente de la curva estándar restada del blanco (RFU/nmol).

SlopeSample = pendiente de la curva de muestra restada del blanco (RFU/min).

DF = factor de dilución (el valor fue 1 debido a que la muestra no se diluyó).

### 7.5.2 Efecto del jugo de granada en deportistas

Se realizó el análisis con una población de estudio formado por el equipo de la selección deportiva de voleibol de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo conformado por 6 mujeres de edad joven de entre 19 a 23 años. La investigación consistió en observar la efectividad en el proceso de hidratación de las voleibolistas al consumir jugos de granada obtenidos por método manual (Man-P) y prensado mecánico (Mec-Hip). La intervención tuvo una duración de 15 semanas, los días martes y jueves, estas semanas se dividieron de la siguiente manera: La primera semana se tomó el peso a las participantes con la ayuda de una báscula marca Tanita Fitscan (BC-545F, Canadá) y la talla con un tallímetro marca thincol, de igual manera se les aplicó un recordatorio 24 horas y se observó su entrenamiento para dar una caracterización total. La segunda semana, recibieron un plan de alimentación personalizado solo para la primera comida después del entrenamiento que constituirá el 25% de sus recomendaciones totales de energía, compuesta del 55-60% de hidratos de carbono, 15-20% de proteínas y 25-30% de lípidos y tomarán 250 ml de agua. A partir de la tercera semana, se realizó un análisis de antropometría al inicio y final del estudio. Durante la intervención, cada día de entreno se determinó peso inicial y final. Por otra parte se tomó muestra de orina antes y al término del entreno. Durante la segunda parte de la intervención, se aplicaron las técnicas antes mencionadas y se les dio a consumir agua durante días seguidos de entrenamiento. Para la tercera etapa, de igual manera se aplicaron las técnicas y durante el entrenamiento se les dio a consumir los jugos de granada.

Al inicio y al final del entrenamiento se tomó una muestra de orina, de igual manera se midió su nivel de recuperación física mediante la técnica de detente vertical, la cual consistió en la colocación de la deportista en una posición inicial, colocando lateralmente junto a la pared a 20 cm aproximadamente. De la tercer a la octava semana recibieron nuevamente un plan de alimentación, de igual manera para la primera comida después del entrenamiento, que constituyó el 25% de sus recomendaciones totales de energía, compuesta del 55-60% de hidratos de carbono, 15-20% de proteínas y 25-30% de lípidos, pero esta ocasión los alimentos sólidos estuvieron complementados con el jugo de granada, previamente calculada. La novena semana se les implementó nuevamente la prueba control de el plan de alimentación con solo agua purificada. Finalmente, de la semana diez a la 15 se realizó la

prueba por duplicado repitiendo exactamente el mismo procedimiento de la semana tres a la ocho considerando una versión de la bebida diferente para cada semana.

### **7.6 Análisis estadístico**

Los experimentos se realizaron utilizando un diseño completamente aleatorizado con tres réplicas. En el caso de la prueba de inhibición de la enzima convertidora de angiotensina, se consideraron 10 réplicas por tratamiento. Los datos se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) de una vía, y las diferentes medias se separaron utilizando la prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) con el software SPSS (SPSS Inc., Chicago, IL, EE. UU.) v25. Para la prueba de análisis sensorial se analizaron los datos en el programa estadístico XLSTAT 2024 mediante comparación de medias.

## 8 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 8.1 Análisis bromatológico

La tabla 2 muestra el análisis bromatológico de los jugos expresados en base húmeda. Mec-Hip tuvo la mayor concentración de humedad, alrededor del 92%, mientras que el tratamiento Man-P mostró un valor del 88%. Priyanka y colaboradores (2013) realizaron un análisis comparativo de dos tipos de granadas, Ganesh y Arakta, y encontraron que sus contenidos de humedad fueron del 80.50% y 79.80%, respectivamente. Para los sólidos solubles totales, el tratamiento Mec-Hip mostró una concentración de 13%, y la muestra Man-P tuvo un valor medio del 11%. Vardin and Fenercioğlu (2003) realizaron un estudio sobre la clarificación del jugo de granada utilizando la fruta entera y encontraron que el porcentaje de sólidos solubles totales después del prensado fue del 14.6%. En un estudio de Conidi y colaboradores, (2020), mencionan que los jugos obtenidos utilizando solo la estructura suave y carnosa que cubre las semillas, que se llama sarcotesta, contenía aproximadamente un 15% de sólidos, a diferencia de los jugos obtenidos de la fruta entera, que tenían aproximadamente entre un 16% y un 17%. Gil y colaboradores (2000) analizaron jugos de granada procesados a partir de arilos de granada mediante prensado manual, reportaron un 15.5% de sólidos solubles. Mientras tanto, los jugos obtenidos a partir de arilos congelados se almacenaron previamente durante 9 meses a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  y contenían un 16,6% de sólidos solubles. La variedad de granada Ganesh tenía un 15% de sólidos solubles totales, mientras que la variedad Arakta tenía un 14%; El contenido de grasa de Ganesh y Arakta fue del 0.2% y del 0.25%, respectivamente (Priyanka et al., 2013).

El porcentaje de grasa no presentó diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en el rango de 0.22% a 0.29% entre las muestras evaluadas. Esta cantidad se debió a que las semillas no se fracturaron, ya que es donde se deposita la grasa. La concentración de cenizas fue mayor ( $p > 0.05$ ) en Mec-Hip con 0.26%, mientras que Man-P mostró 0.20%. Mec-Hip resultó con el mayor porcentaje de proteína con 0.31% mientras que Man-P presentó 0.17%. El contenido de carbohidratos es importante desde el punto de vista nutricional por su aporte energético al organismo. Los tratamientos mostraron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) con respecto al porcentaje de carbohidratos: Mec-Hip presentó un contenido mayor alrededor de 12%, mientras que Man-P tuvo 10%. En la literatura, el porcentaje de carbohidratos fue de 14%

para Ganesh y 14.5% para Arakta. Además, el contenido mineral fue de 0,8% en la variedad Ganesh y 0.9% en Arakta. En cuanto a la cantidad de proteína, se informó que los cultivares Ganesh y Arakta tenían 1.6% y 1.5%, respectivamente. Los resultados obtenidos en los análisis bromatológicos en este trabajo fueron similares a los reportados por Priyanka y colaboradores (2013). En cuanto al contenido de fibra, los resultados mostraron que no hubo presencia de fibra en los jugos obtenidos. Estos resultados bromatológicos confirmaron la idoneidad de los jugos de granada para el consumo humano.

**Tabla 2** Análisis bromatológico de los jugos de granada evaluados

Muestras	Humedad (%)	Sólidos totales (%)	Grasa (%)	Minerales (%)	Proteína (%)	Carbohidratos (%)
<b>Man-P</b>	88.81 ± 0.06 <sup>b</sup>	11.18 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.27 ± 0.20 <sup>a</sup>	0.20 ± .03 <sup>a</sup>	0.17 ± 0.01 <sup>a</sup>	10.53 ± 0.25 <sup>a</sup>
<b>Mec-Hip</b>	92.83 ± 0.04 <sup>a</sup>	13.53 ± 0.08 <sup>b</sup>	0.29 ± 0.12 <sup>a</sup>	0.26 ± .04 <sup>a</sup>	0.31 ± 0.19 <sup>b</sup>	12.65 ± 0.12 <sup>b</sup>

Letras distintas representan diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ). Los valores representan  $\pm 1$  SD con tres repeticiones.

## 8.2 Valor de pH

El jugo de granada contiene ácidos orgánicos, como el ascórbico, el cítrico y el málico, entre otros. Debido a la presencia de estos ácidos, el pH de las muestras fue de 2.70, por lo que no hubo diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los tratamientos. Priyanka y colaboradores (2013) realizaron una evaluación comparativa de las propiedades fisicoquímicas de frutos de granada de las variedades de granada Ganesh y Arakta. Obtuvieron valores de pH de 3.2 y 3.1, respectivamente. Mousavi y colaboradores (2011) informaron que el pH del jugo sin fermentar con bacterias de ácido láctico fue de alrededor de 3.09. Después de la fermentación, hubo un aumento del pH a 5.6. Esto significa que el proceso de fermentación también tiene un impacto en la acidez del jugo. Vardin y otros autores (2003) realizaron un estudio sobre el desarrollo del procesamiento de jugo de granada utilizando fruta entera y clarificada con gelatina, polivinilpirrolidona (PVPP) y sedimentación natural. En su estudio, analizaron el pH e identificaron que se encontraba en el rango de 2.88 a 3.03. La composición y pH de los jugos de granada dependen de la variedad de la fruta y el método de extracción utilizado para su obtención

### 8.3 Determinación del color

La escala de color CIE Lab\* ha sido ampliamente utilizada para describir colores que corresponden a la percepción subjetiva y la interpretación se expresa utilizando las siguientes coordenadas L = negro/blanco (+ indica blanco, - indica negro),  $a^*$  = +rojo, -verde y  $b^*$  = +amarillo, -azul (Campos-Lozada et al., 2022). De acuerdo con los resultados mostrados en la tabla 3, la evaluación del color arrojó un valor de luminosidad de 16.28 y 16.91 para Man-P y Mec-Hip, respectivamente. Por lo tanto, se observó que no hubo diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) ya que el color representativo del fruto de la granada fue el rojo, y su luminosidad fue baja. Los valores de la coordenada  $a^*$  mostraron el grado de coloración de los tratamientos, Man-P presentó un valor de 15.19 mientras que Mec-Hip presentó un valor de 13.43, estos valores son positivos ya que el color natural de la granada y del jugo es rojo a violeta. La coordenada  $b^*$  mostró diferencias significativas en cada uno de los tratamientos, siendo Mec-Hip el que presentó la mayor coloración con 2.02, seguido de Man-P con 3.34. Se consideró que las diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) presentadas por los tratamientos se debieron a los métodos de extracción de jugo, ya que al aplicar mayor presión sobre el fruto se permitió extraer mayor cantidad de compuestos como las antocianinas (Yang et al., 2022). Cervantes y colaboradores (2016) reportaron valores CieLab de  $L = 30.81$ ,  $a^* = 53.78$  y  $b^* = 9.08$  en jugo de granada obtenido con exprimidor manual y pasteurizado con pulsos eléctricos. Arendse y otros autores (2021) estudiaron la variedad Wonderful y reportaron los siguientes resultados: los métodos de extracción incluyeron extraer jugo con exprimidor sin triturar las semillas, obteniendo una luminosidad de 19.27,  $a^* = 18.00$  y  $b^* = 2.57$ . Para el jugo extraído mediante licuadora y triturando las semillas, reportaron  $L = 24.02$ ,  $a^* = 30.63$  y  $b^* = 10.09$ . En el jugo extraído de la mitad de la fruta mediante exprimidor manual, obtuvieron  $L = 25.81$ ,  $a^* = 32.67$  y  $b^* = 11.80$ . Los resultados obtenidos en esta investigación concuerdan muy bien con los obtenidos por Arendse y colaboradores debido a que los jugos fueron similares a los extraídos mediante un extractor de jugos sin triturar las semillas. El color de los alimentos se debe a sustancias naturales que tienen funciones biológicas en los tejidos, estas se conocen como pigmentos o colorantes y son moléculas con grupos funcionales orgánicos (Mathias-Rettig & Ah-Hen, 2014).

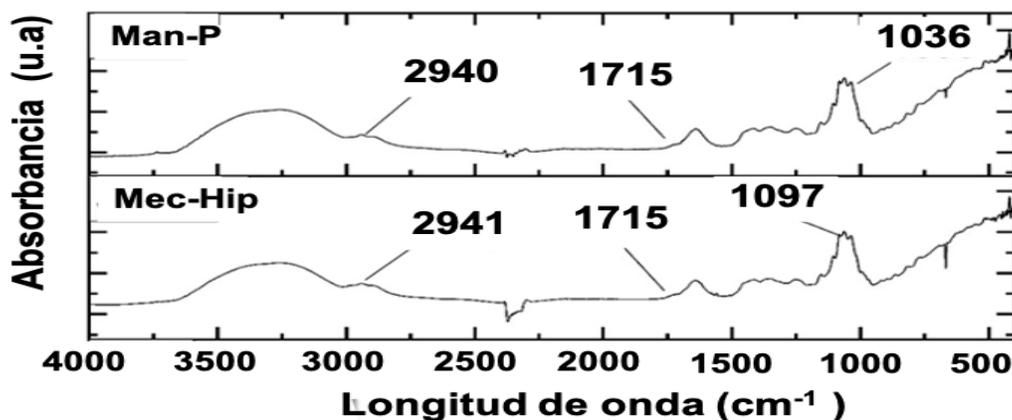
**Tabla 3** Parámetros CieLab en jugos de granada

Tratamientos	L	a*	b*
<b>Man-P</b>	16.28 ± 0.51 <sup>a</sup>	15.19 ± 0.41 <sup>a</sup>	3.34 ± 0.16 <sup>a</sup>
<b>Mec-Hip</b>	16.91 ± 0.39 <sup>a</sup>	13.43 ± 0.37 <sup>b</sup>	2.02 ± 0.15 <sup>b</sup>

Letras distintas representan diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ). Los valores representan  $\pm 1$  DE de tres repeticiones.

#### 8.4 Espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR)

La figura 1 muestra los espectros FTIR del jugo de granada obtenido mediante el método tradicional y del jugo de granada prensado en frío. Se identificaron las siguientes bandas de izquierda a derecha en ambas muestras: 2940  $\text{cm}^{-1}$ , 1715  $\text{cm}^{-1}$ , 1097  $\text{cm}^{-1}$  y 1036  $\text{cm}^{-1}$ . Como lo describen López-Díaz y colaboradores (2018), las bandas en 1200–900  $\text{cm}^{-1}$  están asociadas con carbohidratos en el jugo de granada. Por otro lado, Leopold y otros autores (2011) mencionaron que la región de huella digital de 900–1400  $\text{cm}^{-1}$  corresponde a glucosa, fructosa y sacarosa. Cuando estos tres carbohidratos están presentes en la misma solución, se genera una fuerte superposición de bandas y esto dificulta su identificación individual. Las bandas en la región de 900–1153  $\text{cm}^{-1}$  se asignaron a los modos de estiramiento CO y CC, mientras que las de la región de 1400–1199  $\text{cm}^{-1}$  se debieron a los modos vibracionales de flexión OCH, CCH y COH de los carbohidratos. En ambas muestras se detectaron los mismos grupos funcionales característicos de los jugos. Esto significa que el efecto de los métodos de extracción y de saneamiento no modificó la estructura de las muestras, que mantuvieron sus huellas dactilares.

**Figura 1** Espectros de grupos funcionales en jugos de granada

### **8.5 Análisis microbiológico**

La muestra Man-P fue pasteurizada a 60 °C por 30 min, mientras que la muestra Mec-Hip fue sometida a sanitización hiperbárica. Ambas técnicas tienen como objetivo eliminar patógenos porque afectan la calidad del alimento. Los métodos de sanitización utilizados en este trabajo fueron exitosos y no hubo contaminación por microorganismos desde el día 0 al día 60. Los resultados se expresaron como presencia o ausencia de microorganismos e indicaron la adecuación del proceso de pasteurización. La presencia de compuestos antioxidantes en el jugo se consideró que tiene un efecto inhibitor sobre los microorganismos. Bertucco y Vetter (2001) mencionaron que la tecnología de alta presión ha sido utilizada en diferentes industrias, destacando su uso en la producción de alimentos con el fin de lograr la esterilización en jugos de frutas. La creciente demanda de productos frescos y mínimamente procesados ha llevado al uso de tecnologías de sanitización no térmica, como el procesamiento por alta presión (HPP), para el procesamiento de frutas y verduras para garantizar la seguridad microbiana y la calidad nutricional de los alimentos. Esta tecnología hiperbárica incluye presiones hidrostáticas de 100 a 900 MPa (Tewari, Sehrawat, Nema, & Kaur, 2017), reduciendo la actividad enzimática, manteniendo sus propiedades organolépticas y evitando el crecimiento de microorganismos (Ramaswamy, Zaman, & Smith, 2008). La eliminación o reducción de la presencia de microorganismos patógenos se sustenta en los principios de funcionamiento de las altas presiones. En primer lugar, la temperatura aumenta de 2 a 3 °C cuando la presión aplicada aumenta en 100 MPa. En segundo lugar, cualquier reacción, transición de fase o cambio conformacional se ve favorecido por la presión, lo que va acompañado de una disminución del volumen. Por último, los productos se comprimen debido a la presión independientemente del tamaño y la geometría del producto porque la transmisión de la presión al núcleo no depende de la masa ni del tiempo (Daher, Le Gourrierc, & Pérez-Lamela, 2017).

### **8.6 Contenido de fenoles, flavonoides y antocianinas en el jugo de arilos**

La actividad antioxidante de la fruta de la granada se atribuye a los polifenoles, esta actividad está relacionada con sus propiedades redox como donadores de oxígeno, quelantes de metales, agentes reductores y captadores de oxígeno (Sabokbar & Khodaiyan, 2016). El contenido de polifenoles del jugo de granada es de aproximadamente 0.2 a 1.0% e incluye taninos hidrolizables, derivados del ácido elágico y flavonoides, dependiendo de la variedad

de la fruta (Bar-Ya'akov et al., 2019b). El polifenol más importante es la punicalagina, que pertenece a la familia de los elagitaninos y se considera responsable de más de la mitad del efecto antioxidante del jugo de granada (Conidi et al., 2020).

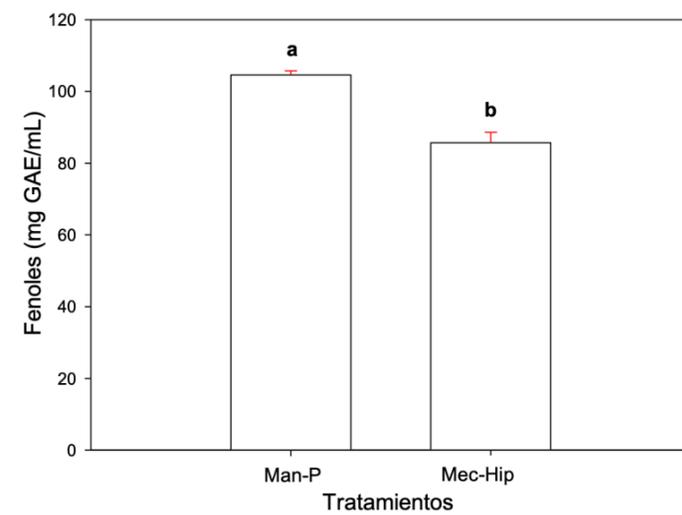
### **8.6.1 Determinación de fenoles totales en jugo de granada**

La figura 2 muestra que el tratamiento Man-P presentó la mayor concentración de compuestos fenólicos con un valor de 104.566 mg GAE/mL, seguido por el tratamiento Mec-Hip con 85.67 mg GAE/mL. Las diferencias significativas entre las muestras ( $p \leq 0.05$ ) pueden atribuirse al contenido de humedad. De acuerdo a lo reportado en la tabla 2, la muestra Mec-Hip presentó un mayor contenido de agua, lo que posiblemente contribuyó a la dilución de concentración de fenoles. El prensado mecánico provocó una mayor extracción de agua que el prensado manual (Man-P). Investigaciones previas (Bopitiya & Madhujith, 2012) analizaron el potencial antioxidante de extractos de arilos de granada de cultivares de Sri Lanka obtenidos mediante prensado manual. Encontraron que había variaciones en los compuestos fenólicos entre las muestras. Akhavan y colaboradores (2015) estudiaron los compuestos fenólicos y las actividades antioxidantes en diez jugos de arilos cultivados en Irán. Su método de extracción implicó el uso de una prensa casera, y encontraron un contenido total de fenol entre 0.22 y 1.26 mg GAE/mL. El cultivar Daya tuvo un contenido fenólico más alto de alrededor de 2,390 mg GAE/mL, y el cultivar indio tuvo un contenido de 1,199 mg GAE/mL. Además, estos autores mencionaron que los compuestos fenólicos son uno de los principales grupos que actúan como antioxidantes primarios, y especialmente como eliminadores de radicales libres. Otro grupo de investigación, reportó diferencias significativas entre los jugos concentrados en el rango de 1,379–3,748 mg GAE/mL y los jugos no concentrados en el rango de 1,632–2,736 mg GAE/mL (Esposito et al., 2021).

Tezcan (2009) evaluó los compuestos fenólicos en varios jugos de granada comerciales donde el contenido de fenoles fue de 2,602 a 10,086 mg/mL. Gözlekçi y colaboradores (2011) analizaron jugos de granada obtenidos a partir de arilos de granada de diferentes cultivares de granada turca (“Lefan”, “Katirbasi”, “Cekirdeksiz-IV” y “Asinar”) utilizando una prensa manual. Encontraron que el contenido fenólico variaba entre 12.295 mg/mL y 15.515 mg/mL. Derakhshan y otros autores (2018) analizaron tres variedades de granadas en los mercados de las provincias iraníes de Natanz, Shahreza y Doorak utilizando semillas,

cáscaras y jugos que se secaron en una incubadora a 30–40 °C. Las muestras secas se pulverizaron con un molinillo después de una extracción con etanol al 80% y se almacenaron a temperatura ambiente. La variedad Doorak mostró 12.4 mg GAE/mL en jugo, la variedad Shahreza mostró 15.8 mg GAE/mL en jugo y la variedad Natanz mostró una concentración de 23.8 mg GAE/mL en jugo. Estos resultados parecieron ser inferiores a los informados en esta investigación. Esto podría atribuirse a la variedad de la fruta, el lugar de cosecha y el tratamiento de secado utilizado. Mena y colaboradores (2012) analizaron jugos de granada de las variedades “Maravillosa” y “Mollar de Elche” recolectados en la región de Alicante. Obtuvieron los jugos de cada cultivar mediante presión con una prensa piloto de laboratorio y reportaron un contenido total de fenoles de 288 mg GAE/100 mL para Mollar de Elche y 390 mg GAE/100 mL para Wonderful. Sin embargo, Rios-Corripio y colaboradores (2019) reportaron contenidos de fenoles más altos que los de esta investigación. Analizaron las características antioxidantes de bebidas de granada fermentadas con levadura *Saccharomyces cerevisiae* y jugo de arilo sin fermentar utilizando un equipo Turmix. Encontraron que el contenido de compuestos fenólicos fue de aproximadamente 393,78 mg GAE/100 mL. Comparando los resultados reportados en esta investigación con los reportados en la literatura, se observó que la diferencia entre los rangos de concentración de compuestos fenólicos se debió principalmente a la variedad de la fruta y al método de extracción. Sin embargo, también se sabe que la concentración de fenoles depende del tipo de tratamiento térmico utilizado, el estado de oxidación y las posibles interacciones con otros compuestos en el jugo (Gutierrez Acero, 2017). Alper y otros autores (2005) reportaron que el jugo de granada sometido a una temperatura de 50 °C mostró una disminución en la presencia de estos compuestos. Esta pasteurización térmica dañó las propiedades nutricionales y fisicoquímicas. El uso de temperaturas inferiores a 70 °C contribuye a mantener los compuestos bioactivos en buen estado y garantiza la seguridad microbiana (Herceg et al., 2016). Someter el jugo de granada a temperaturas superiores a 90 °C reduce el contenido de compuestos fenólicos totales en comparación con el jugo no pasteurizado bajo tratamiento de refrigeración (Guiné & Barroca, 2014). En comparación con la pasteurización, otras tecnologías emergentes como la radiación UV no afectan a los compuestos (Agcam, Akyıldız, & Akdemir Evrendilek, 2014). Respecto al uso de alta presión, varios autores mencionaron que el uso de esta tecnología mantiene estables los

compuestos fenólicos, las antocianinas y la capacidad antioxidante en los jugos (Chaikham & Apichartsrangkoon, 2012; Chen et al., 2013). Es por esto que el uso de tecnologías como la sanitización hiperbárica utiliza bajas temperaturas, lo que permite la conservación de compuestos y la eliminación de agentes patógenos.



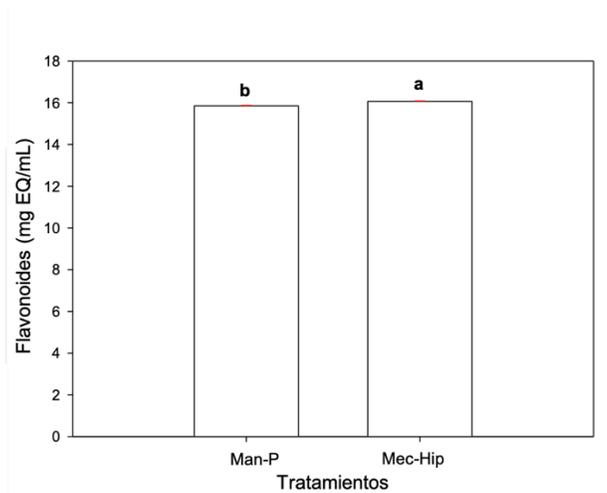
**Figura 2** Contenido fenólico en jugos de granada

Letras diferentes representan diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ). Las barras de error representan  $\pm 1$  de tres réplicas.

### 8.6.2 Determinación de Flavonoides

Los flavonoides son sustancias naturales formadas por dos anillos fenilo y un anillo heterocíclico (Kumar & Pandey, 2013). Estudios previos (Faggio et al., 2017) mencionan que se han identificado más de 8000 compuestos flavonoides diferentes. Sus principales funciones en las plantas son protegerlas contra la radiación ultravioleta, patógenos y depredadores y evitar el estrés oxidativo, entre otros. La figura 3 muestra los resultados obtenidos para los tratamientos Mec-Hip y Man-P. Hubo diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) en las concentraciones de flavonoides, que fueron 16.06 (mg EQ/mL) y 15.85 (mg EQ/mL), respectivamente. Li y colaboradores (2015) analizaron los jugos de granada de 10 cultivares chinos utilizando solo los arilos para la extracción con un exprimidor casero. Encontraron una concentración total de flavonoides que oscilaba entre 0.045 y 0.335 mg EQ/mL. Fahmy y colaboradores (2020) informaron una concentración de flavonoides de 0.234 a 0.504 mg equivalente de catequina/mL en jugo de granada. El Kar y colaboradores (2011), analizaron

nueve jugos de arilos de granada obtenidos con una licuadora de nueve ecotipos tunecinos. Se informó que los contenidos de flavonoides estaban entre 0.135 y 0.636 mg EQ/mL para las variedades Gabsi y Tounsi, respectivamente. Estos resultados fueron inferiores a las cantidades informadas en este trabajo. Según Zhao y colaboradores (2023), la concentración de estos compuestos en frutas depende de la especie, tipo de cultivo, parte de la planta, condiciones climáticas y grado de madurez. Aloqbi y colaboradores (2016) informaron el contenido de flavonoides en el jugo de arilos de granada española. El jugo fue liofilizado y almacenado a -80 °C, y el contenido de fenol reportado fue de 31.5 mg de catequina/60 mL con base en el peso seco de los arilos de granada. Con respecto al proceso de sanitización, Farahmand y otros autores (2017) evaluaron los efectos de la pasteurización en jugo de granada. No observaron un efecto significativo en el contenido fenólico total, pero sí hubo una reducción en el contenido total de flavonoides y antocianinas totales. Esta tendencia y el comportamiento de los resultados concuerdan muy bien con los obtenidos en este estudio utilizando extracción mecánica y sanitización hiperbárica (Mec-Hip).



**Figura 3** Contenido de flavonoides en jugo de granada

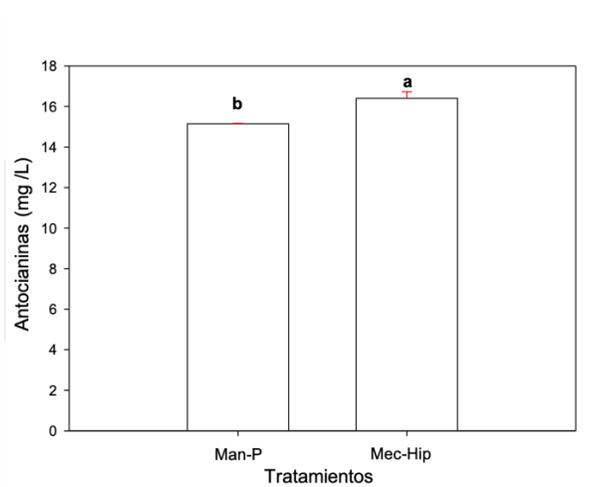
Las letras diferentes representan diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ). Las barras de error representan  $\pm 1$  de tres réplicas.

### 8.6.3 Antocianinas

La coloración de los frutos de granada se debe a la presencia de polifenoles bioactivos como ácidos orgánicos, azúcares, taninos hidrolizables, punicalicalagina, ácido gálico, ésteres de glucosa del ácido elágico, flavonoides como flavonas, flavanonas, isoflavonas y flavonoles, y antocianinas (X. Zhao & Yuan, 2021). Las principales antocianinas que se encuentran principalmente en la fruta de granada son cianidina 3-mono- y 3,5-diglucósidos, delfinidina y pelargonidina (Fahmy et al., 2020). Este estudio arrojó 15.140 mg de cianidina 3-glucósido/L (mg CyE/L) para la muestra Man-P, mientras que Mec-Hip arrojó una concentración más alta de 16,409 mg CyE/L, como se muestra en la figura 4, se observó que hubo diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre las muestras debido al método utilizado para la higienización del jugo. Li y colaboradores (2015) analizaron jugos de arilos de granada obtenidos de 10 cultivares de regiones chinas, y reportaron una concentración de antocianinas que varió de 0,004 a 0,160 mg CyE/mL. Reportaron bajas concentraciones de estos compuestos en comparación con las obtenidas en este trabajo. Mena y colaboradores (2011) analizaron 15 jugos de arilos de cultivares españoles, el jugo fue prensado en una malla de nylon con una prensa piloto de laboratorio, y la concentración de antocianinas varió de 34.2 a 1075 mg CyE/L.

En trabajos experimentales posteriores reportados por Mena y colaboradores (2012), el jugo de las variedades Mollar de Elche y Wonderful de frutas cosechadas en Alicante tenía una concentración de antocianina que oscilaba entre 23 y 136 mg/100 mL, respectivamente. Kalaycıoğlu y colaboradores (2017) reportaron valores de 11 a 178 mg CyE/L de contenido en veinte cultivares de pomelo cosechados en el Centro de Investigación Agrícola de Yazd, provincia de Irán. Otros autores como Fahmy y otros autores (2020) encontraron un contenido de antocianina de 110–140 mg de equivalentes de cianidina 3-glucósido por litro en jugos de granada. Con base en estos resultados, se puede ver que hubo diferencias significativas, que pueden haberse debido a factores agronómicos, temperatura, intensidad de luz, factores genéticos, técnicas de procesamiento y condiciones de almacenamiento de la fruta, todos los cuales influyen en el contenido de antocianina (Fernandes, Pereira, Lopéz-Cortés, Salazar, & Ramalhosa, 2015). El uso de la higienización hiperbárica en comparación con la pasteurización evita la degradación de las antocianinas y conserva la capacidad antioxidante debido a que esta técnica se puede realizar a temperatura ambiente sin necesidad

de aplicar calor, a diferencia de la pasteurización. Las enzimas se pueden inactivar aplicando un procesamiento térmico, pero la aplicación de calor puede provocar la pérdida de compuestos bioactivos como las antocianinas (Martín & Asuero, 2021). Es por ello que en este trabajo se sugiere el uso de la higienización hiperbárica como otra alternativa para la higienización y protección de compuestos en jugos de granada. En cuanto al contenido de antocianinas, el tratamiento Mec-Hip presentó un mayor contenido de estos compuestos que el tratamiento Man-P.



**Figura 4** Contenido de antocianinas en jugo de granada

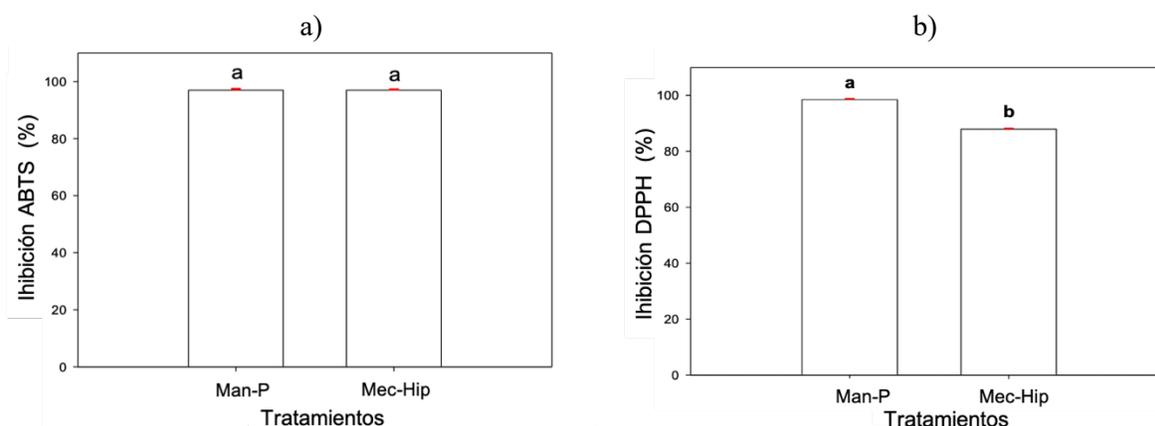
Letras diferentes representan diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ). Las barras de error representan  $\pm 1$  de tres réplicas.

### 8.7 Determinación de la eliminación de radicales ABTS y DPPH

La granada se considera una fuente de compuestos bioactivos que detienen las cadenas de oxidación de algunos radicales, como ABTS y DPPH. El método de acción del radical ABTS ocurre a través de la interacción entre el catión radical ABTS y un agente antioxidante. Aguirre-Cruz y colaboradores (2020) mencionaron que los antioxidantes se clasifican de acuerdo con su mecanismo de acción y se denominan primarios y secundarios. El primer tipo se caracteriza por romper la reacción en cadena de oxidación al donar hidrógeno y generar radicales más estables, mientras que los antioxidantes secundarios retrasan la oxidación con ayuda de otros mecanismos como la eliminación de oxígeno, la regeneración de antioxidantes primarios, la quelación de metales y la reparación de hidroperóxidos. La eliminación de estos radicales se identifica por un blanqueo de los máximos del espectro de absorción, y se

degradan parcialmente como resultado de la reacción con polifenoles (Ilyasov, Beloborodov, Selivanova, & Terekhov, 2020).

La figura 5a muestra los resultados obtenidos para la actividad antioxidante de las muestras analizadas en este estudio. El radical ABTS mostró que no hubo diferencias significativas ( $p \geq 0.05$ ) entre los tratamientos, ya que el porcentaje de inhibición del radical se presentó en ambas muestras en un 96.99%. Los resultados mostraron un porcentaje de inhibición del radical ABTS mayor que el reportado por Bopitiya y colaboradores (2012) en extractos de arilo obtenidos de varios cultivares de Sri Lanka; el cultivar Nayana presentó el valor más alto con 93.1%, seguido del cultivar Nimali con 91.2%, Indian con 89.7% y finalmente, Daya con 72.7%. El radical ABTS presentó un color verde inicial, y la adición de jugo de granada produjo una degradación del color debido a la presencia de polifenoles que capturaron los radicales y los estabilizaron. Se puede observar que los jugos obtenidos en este trabajo mostraron una mayor inhibición que los reportados por otros autores.



**Figura 5** Inhibición de radicales ABTS (a) y DPPH (b) en jugo de granada

Letras diferentes representan diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ). Las barras de error representan  $\pm 1$  de tres réplicas.

Respecto al radical DPPH, la figura 5b muestra que la mayor inhibición se presentó en la muestra Man-P con un 98.48%, seguida de la muestra Mec-Hip con un 87.93%. Los resultados mostraron una inhibición mayor a la reportada por Aloqbi y colaboradores (2016). Analizaron el porcentaje de inhibición del radical DPPH en jugo de granada a diferentes concentraciones y encontraron valores entre 14.4% y 37.9%, destacando que el jugo de granada con mayor concentración tuvo el mayor efecto de eliminación de radicales. Tezcan

y colaboradores (2009) reportaron que la inhibición del radical DPPH estuvo entre 10.37% y 67.46% en siete marcas de jugos naturales en un mercado turco. Estos resultados fueron menores al porcentaje de inhibición reportado en este trabajo. Es importante destacar que los jugos analizados por Tezcan involucraron toda la fruta, incluyendo la cáscara. Es bien conocido que en esta parte del fruto se encuentra una mayor cantidad de compuestos como la punicalagina, la cual se sabe que posee mayor actividad antioxidante. En este trabajo se observó una mayor inhibición en el tratamiento Man-P. Esto se atribuyó a que presentó un mayor contenido de fenoles en comparación con la muestra Mec-Hip.

Se consideró que los valores de esta actividad determinados con ABTS y DPPH estaban fuertemente relacionados con el contenido fenólico. Esposto y colaboradores (2021) mencionan que la composición química y la actividad antioxidante de los jugos comerciales de granada están directamente asociadas con los compuestos fenólicos totales y taninos hidrolizables. Su eficacia depende de varios parámetros y factores, incluyendo el estado del sistema físico, la temperatura, las propiedades estructurales, las propiedades del sustrato sensible a la oxidación, los efectos sinérgicos y la presencia de compuestos prooxidantes.

### **8.8 Evaluación sensorial por prueba de nivel de agrado**

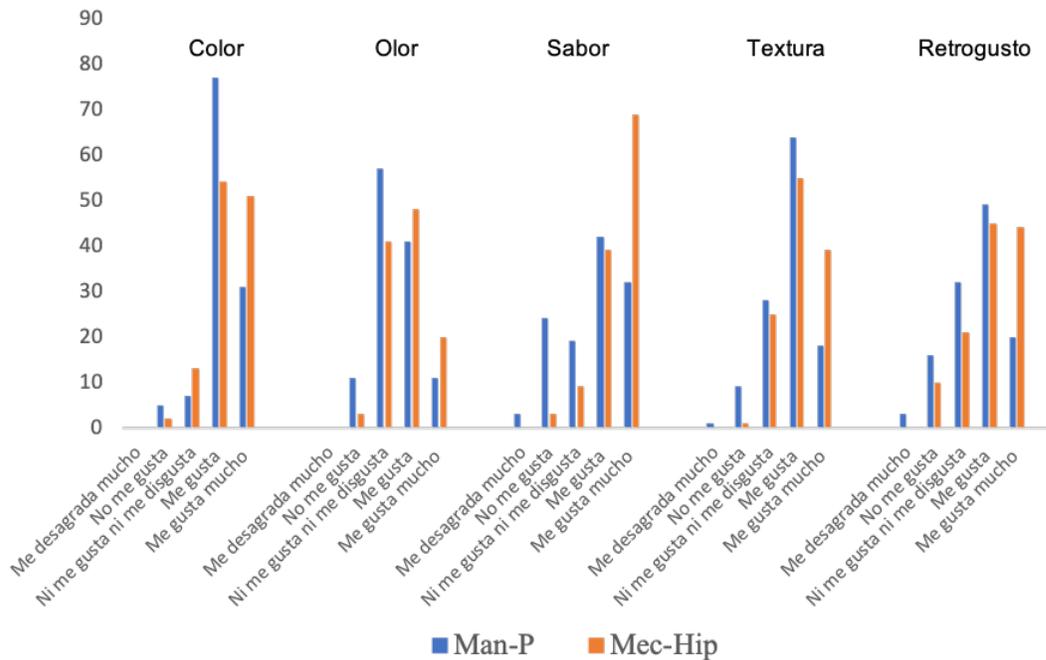
En la figura 6 se muestra las frecuencias de repuestas en el nivel de agrado de los parámetros de color, olor sabor textura y retrogusto del jugo de granada, los resultados con respecto al color indicaron que la muestra que más gustó fue Man-P, los participantes en su mayoría describieron que esta muestra presentaba un color agradable y apetecible, de acuerdo con el parámetro de color CIELab, indicó que el tratamiento Man-P presentó colores rojizos debido a la presencia de pigmentos como las antocianinas (Mathias-Rettig & Ah-Hen, 2014). Por otra parte, para el parámetro de olor, la muestra Mec-Hip tuvo mayor aceptación en cuanto al parámetro de olor según los jueces que realizaron el análisis. Sin embargo, los participantes describieron que ambas muestras no se distingue el olor o en algunos casos mencionan que presenta olor a medicamento. Mosca y colaboradores (2020), reportan que el método de extracción utilizado puede afectar la concentración de compuestos influyendo en la percepción del olor del jugo. Andreu y colaboradores (2013) mencionan que el limoneno es abundante en jugos de granada y el perfil puede cambiar durante el procesamiento afectando sus características sensoriales.

Con respecto al parámetro de sabor, la muestra que tuvo mayor nivel de agrado fue Mec-Hip describiéndola como dulce, esto puede atribuirse a la mayor cantidad de compuestos extraídos por el método de prensado mecánico lo que puede generar una mayor cantidad de dulzor en la muestra. El jugo de arilos separados es menos astringente y tiene un sabor más agradable, aunque contiene menos beneficios nutricionales (Kirshenbaum, Benjamin, & Porat, 2016). Los jugos que contienen mayor cantidad de compuestos están relacionados a una mayor astringencia (Benjamin & Gamrasni, 2016). De acuerdo a lo reportado por Akhtar y colaboradores (2015) la sensación astringente en los productos se asocia a la formación de taninos.

La textura fue agradable en ambas muestras sin embargo la que representó mayor puntuación fue la muestra Mec-Hip con una media de 4.10 en comparación con Man-P con un valor de 3.74 tal como se muestra en la tabla 4 esto de igual manera se atribuye a la cantidad de compuestos presentes en las muestras. Finalmente, la muestra con mayor retrogusto fue Man-P con el valor 4 correspondiente a me gusta, tal como se muestra en la figura 6, esto puede atribuirse a la presencia de compuestos fenólicos presentes en la muestra. En relación a toda esta información se considera que la muestra que presentó mayor aceptación por parte de los participantes fue Mec-Hip en comparación con Man-P, esto puede atribuirse al método de extracción de jugo lo que permitió obtener un mayor contenido de sólidos dentro de los que destacan carbohidratos que otorgan mayor dulzor.

**Tabla 4** Diferencia de medias en evaluación sensorial aplicado a los jugos de granada

<b>Muestras</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>	<b>Sabor</b>	<b>Textura</b>	<b>Retrogusto</b>
<b>Man-P</b>	4.11 ± 0.47	3.43 ± 0.61	3.63 ± 1.32	3.74 ± 0.69	3.55 ± 1.00
<b>Mec-Hip</b>	4.28 ± 0.52	3.70 ± 0.59	4.45 ± 0.55	4.10 ± 0.56	4.02 ± 0.88



**Figura 6** Frecuencias de repuestas en el nivel de agrado de los parámetros de color, olor sabor textura y retrogusto del jugo de granada

El valor 1: me desagrada mucho, 2: no me gusta, 3: ni me gusta ni me disgusta, 4: me gusta y 5: me gusta mucho.

### 8.9 Bioaccesibilidad *in vitro* del jugo de granada

La biodisponibilidad indica la cantidad de ingredientes funcionales que son absorbidos, distribuidos a los tejidos, metabolizados y eliminados por el organismo (León-López, Pérez-Marroquín, Campos-Lozada, Campos-Montiel, & Aguirre-Álvarez, 2020), a su vez se incluye el concepto de bioaccesibilidad que es la cantidad de un compuesto que es liberado de la matriz alimentaria después de la digestión gástrica e intestinal quedando disponible para su absorción (Orozco, Londoño, Jaramillo, & Patiño, 2020).

En la tabla 5 se muestran los resultados obtenidos en la determinación de bioaccesibilidad en los jugos de granada, la muestra Man-P presentó una absorción menor de compuestos fenólicos, flavonoides y antocianinas del 13.6%, 8.3% y 13.2% respectivamente comparada con el tratamiento Man-P no sometido a digestión *in vitro* 86.3%, 91.6% y 86.7%. En el caso de Mec-Hip, la muestra sometida a digestión presentó una bioaccesibilidad de fenoles, flavonoides y antocianinas de 9.7%, 7.4% y 14.4% respectivamente comparada con la muestra Mec-Hip no sometida a digestión 90.2%, 92.5 y 87.8.

En cuanto a la inhibición de los radicales ABTS y DPPH, la muestra Man-P sometida a digestión presentó un porcentaje de bioaccesibilidad de 1.6% y un 23.0% respectivamente, Por su parte, Mec-Hip mostró una bioaccesibilidad de 2.0% para ABTS y 13.6 para DPPH. Estos resultados sugieren que, aunque la muestra Man-P tuvo mayor capacidad antioxidante frente al radical DPPH, su eficiencia en la inhibición de ABTS fue ligeramente inferior a la del tratamiento Mec-Hip. Las diferencias observadas podrían estar relacionadas con la composición fenólica y la estabilidad de los compuestos durante el proceso digestivo.

Bustamante y colaboradores (2022) reportaron que el 25% de los compuestos fenólicos totales del extracto de granada son absorbidos en el intestino. Tian y colaboradores (2023) reportaron valores fenoles totales de 19.3% después de la digestión gástrica y 37.7% después de la digestión intestinal encontraron valores de 27.1% y 11.4% de contenido de flavonoides en jugo de granada sin ser sometido a ningún tratamiento de esterilización mientras que en jugo sometido a altas presiones el contenido de fenoles aumentó ligeramente. Por otro lado, reportaron que el jugo sometido a tratamiento térmico tuvo niveles más bajos de fenoles totales. Con respecto a flavonoides, las muestras tratadas a altas presiones fueron 20% más altas que el grupo control durante la fase de digestión gástrica.

Ozkan y colaboradores (2022) mencionan que el procesamiento a altas presiones y otros factores como enzimas digestivas, pH y temperatura podrían influir en la liberación de compuestos bioactivos de alguna matriz alimentaria Otros autores consideran que la disminución de compuestos fenoles totales se debe a las variaciones del pH gastrointestinal (Spínola, Llorent-Martínez, & Castilho, 2018). Wang y otros autores (2014), mencionan que la esterilización térmica a temperaturas alta disminuye la bioaccesibilidad de fenoles totales en jugos de frutas mixtas. Braga y colaboradores (2018) informan que los flavonoides se convierten en compuestos de bajo peso molecular en la fase intestinal a pH entre 6.7 y 7.4. Respecto a las antocianinas que son los principales componentes de los flavonoides en jugos de granada, se contempla que la disminución de estas durante la digestión gástrica es mínima debido a que mantienen su forma estructural, a su extrema inestabilidad en ambientes débilmente alcalinos y a ambientes neutros (Pinto et al., 2017).

**Tabla 5** Bioaccesibilidad *in vitro* en jugos de granada

Compuestos	Muestras		Bioaccesibilidad	
	Man-P	Mec-Hip	Man-P	Mec-Hip
<b>Fenoles</b>	104.56 ± 1.15 <sup>a</sup>	85.67 ± 2.91 <sup>A</sup>	90.34 ± 0.19 <sup>b</sup>	77.34 ± 0.31 <sup>B</sup>
<b>Flavonoides</b>	15.85 ± 0.02 <sup>a</sup>	16.06 ± 0.20 <sup>A</sup>	14.52 ± 0.06 <sup>b</sup>	14.87 ± 0.02 <sup>B</sup>
<b>Antocianinas</b>	15.14 ± 0.03 <sup>a</sup>	16.40 ± 0.32 <sup>A</sup>	13.14 ± 0.71 <sup>b</sup>	14.40 ± 0.04 <sup>B</sup>
<b>ABTS</b>	96.99 ± 0.37 <sup>a</sup>	93.96 ± 0.24 <sup>B</sup>	95.43 ± 0.08 <sup>b</sup>	94.95 ± 0.16 <sup>A</sup>
<b>DPPH</b>	98.48 ± 0.02 <sup>a</sup>	87.93 ± 0.02 <sup>A</sup>	75.81 ± 0.39 <sup>b</sup>	75.95 ± 0.08 <sup>B</sup>

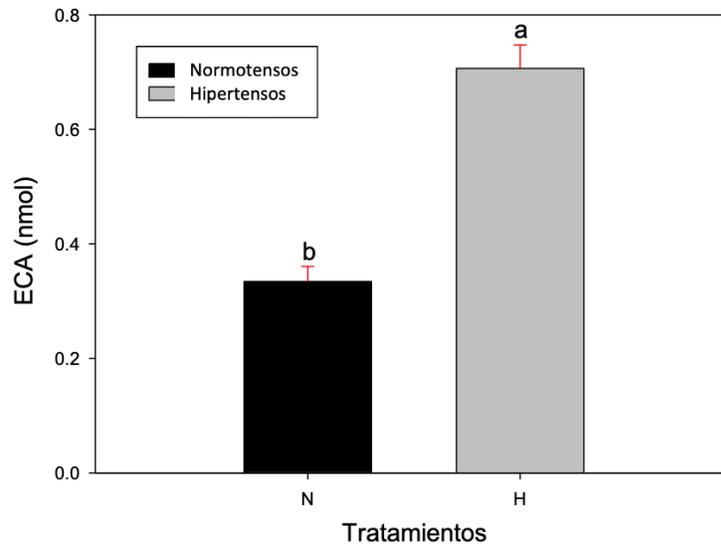
**Datos expresados en:**

Fenoles mg GAE/mL, flavonoides mg (EQ/mL), antocianinas (mg CyE/L), ABTS (% de inhibición) y DPPH (% de inhibición).

Letras distintas representan diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ). Los valores representan  $\pm 1$  DE de tres repeticiones.

**8.10 Análisis antihipertensivo**

La Organización Mundial de la Salud define la hipertensión como un trastorno en el cual los vasos sanguíneos tienen presión arterial elevada (OMS, 2024). La hipertensión arterial puede deberse a la homeostasis del sodio y la retención de líquidos, y, como consecuencia, a la activación del sistema renina-angiotensina-aldosterona (Barati Boldaji, Akhlaghi, Sagheb, & Esmailinezhad, 2020). Se estima que, en México, la prevalencia de hipertensión arterial en adultos vulnerables es de 49.2%, con 46.8% en mujeres y 52.2% en hombres. Este porcentaje es considerable, por lo que se opta por el consumo de alimentos saludables como el jugo de granada para reducir la presión arterial en pacientes con esta condición (Campos-Nonato, Hernández-Barrera, Flores-Coria, Gómez-Álvarez, & Barquera, 2019). La figura 7 muestra el análisis realizado al suero utilizado en este estudio con personas normotensas (N) e hipertensas (H). Estos datos se tomaron como controles para un análisis posterior. La concentración de ECA para el grupo normotenso fue de 0.3343 nmol, mientras que el grupo hipertenso mostró un promedio de ECA de alrededor de 0.7064 nmol. Se realizó una prueba previa para identificar el grupo de personas hipertensas.



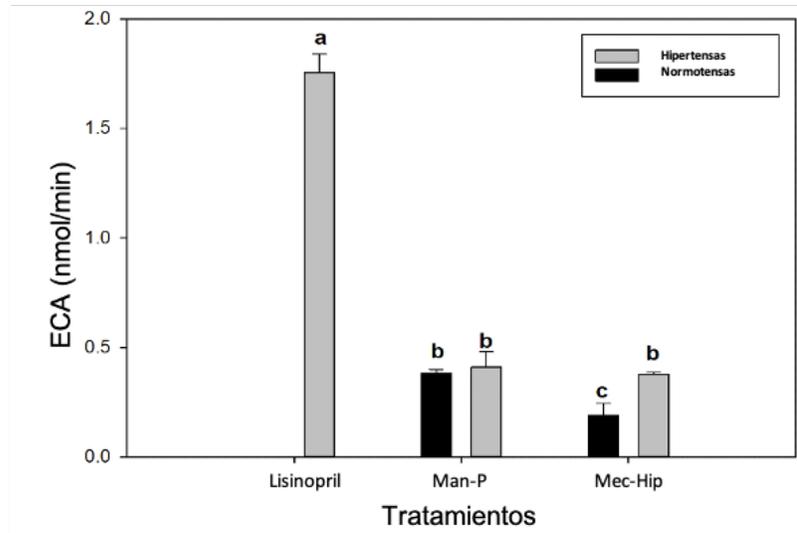
**Figura 7** Inhibición de la ECA en pacientes normotensos e hipertensos

Letras diferentes representan diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ). Las barras de error representan  $\pm 1$  de tres réplicas.

La figura 8 muestra los resultados obtenidos para la inhibición de la ECA utilizando lisinopril y los tratamientos evaluados en esta investigación (Man-P y Mec-Hip). El tratamiento Man-P no mostró diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre el grupo normotenso (0.38 nmol/min) e hipertenso (0.40 nmol/min). Sin embargo, la comparación de estos resultados con los de lisinopril mostró diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ). Esto significa que lisinopril inhibió una mayor cantidad de ECA, esto puede deberse a que el fármaco está diseñado específicamente para inhibir esta enzima, mientras que el jugo a pesar de tener efectos benéficos en relación a enfermedades cardiovasculares, su efecto para inhibir la ECA es menos potente lo que indica que puede ser un método preventivo, pero no sustituye la acción directa de un medicamento.

Observando los resultados del tratamiento Mec-Hip, se observaron diferencias significativas entre los grupos normotensos e hipertensos. El suero del grupo hipertenso tuvo una mejor capacidad de inhibición de la ECA (0.37 nmol/min) en comparación con el del grupo normotenso (0.18 nmol/min). Esto significa que el jugo de granada extraído con el método mecánico y desinfectado en condiciones hiperbáricas conservó las propiedades nativas del extracto. Comparando estos datos con los obtenidos en la inhibición de lisinopril, se puede ver que el jugo Mec-Hip no fue eficiente en la inhibición de la ECA. Sin embargo,

comparando los tratamientos Man-P y Mec-Hip, se encontró que el suero normotenso Man-P tenía una inhibición de la ECA significativamente mayor ( $p \leq 0.05$ ) que la del tratamiento Mec-Hip con valores de 0.38 nmol/min y 0.18 nmol/min, respectivamente. Con respecto al suero hipertenso, no hubo diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los métodos de extracción y de higienización. En este sentido, los estudios sugieren que el tipo de extracción y el método de sanitización influyen en la bioactividad del jugo.



**Figura 8** Inhibición de la ECA con jugo de granada

Las letras diferentes representan diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ). Las barras de error representan  $\pm 1$  de tres réplicas.

### 8.11 Análisis *in vivo* sobre hipertensión

Un estudio de Barati y otros autores (2020) informaron que el consumo de jugo de granada durante 8 semanas mostró efectos beneficiosos sobre la presión arterial, y este efecto se atribuyó a los compuestos fenólicos. En estudios previos, 24 voluntarios sanos (hombres y mujeres) consumieron una cápsula de extracto de granada durante 28 días, y se observó que la presión arterial sistólica y diastólica se redujo significativamente después del consumo (Al-Dujaili, Casey, & Stockton, 2022). Los polifenoles tienen un dominio hidrofílico y lipofílico y pueden unirse a receptores, factores de transcripción y enzimas involucradas en la señalización intracelular. Estos efectos les permiten ejercer actividad biológica; además, los antioxidantes redujeron notablemente la hipertensión tanto en modelos humanos como animales (Amponsah-Offeh, Diaba-Nuhoho, Speier, & Morawietz, 2023). Según Aviram y

Dornfeld (2001), el consumo de jugo de granada reduce la actividad de la enzima convertidora de angiotensina y promueve una reducción de la presión arterial sistólica. Este estudio se realizó en personas de entre 62 y 77 años de edad con presión arterial en niveles promedio, efecto que atribuyeron a la capacidad antioxidante de algunos componentes bioactivos como los taninos. Stockton y colaboradores (2017) estudiaron el efecto del consumo en ayunas de extracto de granada entera encapsulada 100 por ciento natural durante 8 semanas sobre la presión arterial en hombres y mujeres de entre 18 y 65 años de edad, observando una disminución de la presión arterial diastólica y relacionándola con los polifenoles contenidos en el extracto ya que estos reducen la actividad convertidora de angiotensina, así como con el mecanismo de los polifenoles en el aumento de los niveles de óxido nítrico. Stowe (2011) analizó los efectos del consumo de jugo de granada sobre la presión arterial y la salud cardiovascular, mencionando que el jugo de granada ha demostrado efectos considerables como antioxidante y antihipertensivo en humanos y ratones. Además, los mecanismos de acción del jugo pueden ayudar a reducir la presión arterial sistólica, lo que tiene un efecto positivo en la progresión de la aterosclerosis y la enfermedad coronaria. El tratamiento para la hipertensión consiste principalmente en el uso de diversos fármacos, como captopril, lisinopril, benazepril y enalapril, entre otros. Estos están dirigidos al sistema renina-angiotensina-aldosterona, donde ejercen un control sobre la presión arterial al bloquear los receptores de angiotensina o inhibir la ECA (Margalef, Bravo, Arola-Arnal, & Muguerza, 2017). Estos resultados sugieren que el consumo de jugo de granada genera una inhibición de la ECA debido a los beneficios del contenido de compuestos antioxidantes.

### **8.12 Efecto de hidratación en deportistas**

En la tabla 6 se muestra la tabla nutrimental de los jugos de granada analizados en esta investigación (Man-P y Mec-Hip) donde se observó que el contenido de carbohidratos se vio reflejado en mayor cantidad 13.06 g en la muestra Mec-Hip extraída mediante la técnica mecánica mientras que la muestra Man-P presentó una cantidad de 109.49 g. Con respecto a la cantidad de lípidos y proteínas, la muestra Mec-Hip presentó una mayor cantidad con 6.76g y 3.21g respectivamente comparado con la muestra Man-P con 6.31g de lípidos y 1.76g de proteínas. Finalmente, la cantidad de Kcal totales se observa que Mec-Hip tuvo una cantidad de 141.04 mientras que Man-P presenta una cantidad menor con 117.58g. Esta información permitió informar sobre los nutrientes y aporte energético de los jugos para su consumo.

**Tabla 6** *Tabla nutrimental de jugos de granada*

<b>Muestras</b>	<b>Carbohidratos (g)</b>	<b>Lípidos (g)</b>	<b>Proteínas (g)</b>	<b>Kcal totales</b>
<b>Man-P</b>	109.499	6.31	1.76	117.58
<b>Mec-Hip</b>	131.06	6.76	3.21	141.04

Se muestra el promedio de los resultados analizados por triplicado

### 8.12.1 Análisis antropométricos

Antropogénicamente, el equipo presenta un rango de peso que se considera dentro de la clasificación normal, este análisis se llevó a cabo de manera individualizada en dos momentos, al inicio del estudio y al finalizar. Considerando la edad, actividad física y el estado de salud general de las participantes se observó que los datos fueron lo esperado. En la tabla 7, se muestran los resultados obtenidos para este análisis. Al inicio del estudio y al final del estudio se identificó que todas las participantes se encuentran en un rango de índice de masa corporal (IMC) expresado como el peso en kilogramos dividido por el cuadrado de la altura en metros ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ). De acuerdo con Núñez y colaboradores (2017) el IMC es un indicador de la relación entre el peso y la talla e indica el estado de salud. Esta información comparada con los datos obtenidos en este estudio nos arroja que el equipo en general se encuentra en un rango normal entre 19.52 y 23.79 sin embargo una participante presentó valores de 26.68 interpretado como sobrepeso. De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana 043-SSA2-2012, la obesidad es definida como la enfermedad caracterizada por el exceso de tejido adiposo en el organismo, mientras que el sobrepeso, se define como el exceso de peso corporal en relación con la talla. Ode y colaboradores (2007) mencionan que el IMC entre 25 y 29.9  $\text{kg}/\text{m}^2$  es considerado sobre peso, mientras que un  $\text{IMC} \geq 30 \text{ kg}/\text{m}^2$  se considera obesidad, por otra parte también mencionan que se considera que los adultos con IMC mayor o igual a 25  $\text{kg}/\text{m}^2$  tienen exceso de % de grasa y esto puede considerarse como un riesgo de desarrollar hipertensión, diabetes, enfermedad coronaria o colesterol alto.

Los resultados obtenidos en este trabajo con respecto al porcentaje de grasa corporal, al inicio del estudio todas las participantes se encontraron en un rango normal señal de un buen estado físico y de salud, no obstante, al realizar esta técnica al finalizar el estudio se observó una ligera reducción del porcentaje de grasa promediado sin embargo no es un cambio significativo ya que no hubo cambios en la interpretación de normalidad. El porcentaje de grasa corporal en mujeres jóvenes puede oscilar entre un 24 y un 35% (Heo, Faith, Pietrobelli,

& Heymsfield, 2012). Autores como Berg y colaboradores (2024) mencionan que el IMC y la composición corporal son una parte importante en cuanto a longevidad y salud y para ello también se debe considerar factores como: sexo, edad y ubicación geográfica. Por otra parte, se considera que el porcentaje de grasa corporal tiende a aumentar con la edad por lo tanto, las mujeres jóvenes tienen un menor porcentaje de grasa (Mohamadzadeh et al., 2024).

La determinación de masa muscular al inicio del estudio, permitió observar que las participantes presentaron rangos normales y elevados, ambos siendo resultados positivos de acuerdo a la actividad física que realizan. Al final del estudio se observó un ligero aumento del porcentaje de masa muscular promediado, lo cual es positivo, sin embargo, no es un cambio significativo ya que no hubo cambios en la interpretación de normalidad. Autores como McKenzie y otros autores (2015), ha mencionado que la masa corporal de un atleta se encuentra dentro del 1% de valor inicial cuando se encuentra hidratado y esta determinación permite evaluar la hidratación. Con esta información se puede determinar que, durante el tiempo de estudio, no hubo cambio en la composición corporal en términos de mayor músculo o disminución de grasa debido a que no hubo una modificación de carga de dieta ya que a las participantes únicamente se les dio una recomendación de dieta personalizada para llevarla a cabo después del entrenamiento, pero no se comprobó si se llevó a cabo este parámetro porque no era el objetivo de estudio.

**Tabla 7** Análisis antropométricos al inicio del estudio

Participante	Peso (kg)	Talla (m)	IMC (kg/m <sup>2</sup> )	Grasa Corporal (%)	Masa muscular (%)	Agua corporal (%)
1	65.7	1.66	23.79 (Normopeso)	29.4 (Normal)	44.0 (Alto)	52.1
2	50.8	1.50	22.58 (Normopeso)	20.8 (Normal)	38.2 (Normal)	61.6
3	50.6	1.59	19.79 (Normopeso)	23.4 (Normal)	36.8 (Normal)	57.9
4	61.8	1.70	21.26 (Normopeso)	23.5 (Normal)	44.9 (Alto)	56.9
5	70.0	1.62	26.68 (Sobrepeso)	27.4 (Normal)	38.6 (Normal)	53.2
6	51.9	1.56	21.33 (Normopeso)	27.1 (Normal)	35.9 (Normal)	55.4
7	52.5	1.64	19.52 (Normopeso)	24.2 (Normal)	37.8 (Normal)	56.5

**Tabla 8** Análisis antropométricos término del estudio

Participante	Peso (kg)	Talla (m)	IMC (kg/m <sup>2</sup> )	Grasa Corporal (%)	Masa muscular (%)	Agua corporal (%)
1	65.4	1.66	23.73 (Normopeso)	27.1 (Normal)	45.3 (Alto)	53.9
2	53.3	1.51	23.38 (Normopeso)	23.5 (Normal)	38.7 (Normal)	59.4
3	51.7	1.59	20.45 (Normopeso)	23.3 (Normal)	37.6 (Normal)	57.9
4	63.7	1.71	21.78 (Normopeso)	23.5 (Normal)	46.2 (Normal)	56.3
5	69.4	1.63	26.12 (Sobrepeso)	29.7 (Normal)	46.3 (Alto)	52.8
6	50.7	1.56	20.83 (Normopeso)	27.2 (Normal)	35.0 (Normal)	55.3
7	51.9	1.64	19.30 (Normopeso)	23.2 (Normal)	37.9 (Normal)	57.4

En la tabla 8, se muestra los resultados obtenidos al finalizar la intervención, se observan ligeras variaciones en los porcentajes de agua corporal, sin tener resultados homogéneos en las participantes, esto se debe a 2 factores siendo el primero el estado de deshidratación que ya se presentaba al inicio de la intervención, además de que los jugos brindados no fueron efectivos como bebida hidratante debido al bajo volumen que fue administrado, así como la insuficiente concentración de electrolitos. Los cambios observados en peso, porcentaje de grasa corporal y masa muscular se deben a un proceso de recomposición corporal propios de los deportistas, inducido por factores externos al grado de hidratación, tales como la alimentación y nivel de actividad física de las participantes.

Por lo tanto, el objetivo de estudio fue analizar el estado de hidratación en el que se intervino con agua como control y con las muestras Man-P y Mec-Hip. Para saber que pasaba con cada una de ellas, se empleó la escala de Armstrong que indica a través de la coloración de la orina el grado de hidratación. Por otra parte, se usó otro método cuantitativo de análisis de orina relacionado con la hidratación tal es el caso de la técnica de urotest estas técnicas de estudio fueron realizadas de manera individualizada en dos momentos, durante el entreno (antes y

después). Se tiene el estudio por jugadora y se observó cómo se comportó en los días de entreno y las tres bebidas.

La tabla 7 y 8 representan el promedio de las mediciones por días de entreno, se observó que bajo la escala colorimétrica de Armstrong a la que se le asignó un número del 1 al 8 tal como se muestra en la figura 9. En este sentido, todas las jugadoras se clasificaron como deshidratadas sin haberles administrado ninguna bebida, es decir, las deportistas jugaron en estado de deshidratación. Cuando se intervino con agua, se observó que las mantuvo en el estado de hidratación con el que llegaron. Con respecto a las muestras Man-P y Mec-Hip se observó que, de igual manera, las muestras las mantuvieron en el grado de hidratación tal como llegaron al entrenamiento.

### 8.12.2 Análisis de orina mediante escala de Armstrong y uroanálisis

En la figura 9 se muestra una tabla colorimétrica de la escala de Armstrong donde se asignó un número donde: 1 ,2 y 3 es hidratado, 4 ,5 y 6 deshidratado, 7 y 8 severamente deshidratado, esto se hizo con la finalidad de identificar de mejor manera el nivel de hidratación en las participantes y realizar un análisis más completo a momento de comparar los datos con el uroanálisis, los resultados se muestran de manera individual en las tablas de la 9 a la 15. Cabe mencionar que en dichas tablas se muestran los promedios de los resultados de los análisis por triplicado realizados en estado basal, con el consumo de agua como blanco y consumo de las muestras Man- P y Mec-Hip que consumieron al inicio y al final de cada entrenamiento.

<b>1</b>	HIDRATADO
<b>2</b>	HIDRATADO
<b>3</b>	HIDRATADO
<b>4</b>	DESHIDRATADO
<b>5</b>	DESHIDRATADO
<b>6</b>	DESHIDRATADO
<b>7</b>	SEVERAMENTE DESHIDRATADO
<b>8</b>	SEVERAMENTE DESHIDRATADO

**Figura 9** Escala de Armstrong (obtenido de (Palleres, Bustamante, & Bascuñán, 2023))

Por otro lado, también es importante resaltar el parámetro de gravedad, es la medida de la densidad urinaria y permite evaluar la capacidad de los riñones de concentrar o diluir la orina. Un estudio a 167 deportistas de distintas disciplinas donde participaron hombres y mujeres reporta que al realizar este análisis antes del inicio de su entrenamiento presento: el 42.6 presentó deshidratación severa ( $>1.030$ ), un 37.7% con deshidratación moderada ( $1.020 - 1.030$ ) y menos del 20% de los deportistas presentaron una hidratación adecuada ( $<1.020$ ) es decir, que la mayoría no se encontraban en condiciones adecuadas de hidratación resaltando que el mayor porcentaje fue en mujeres (Laiz & Sagasta, 2023).

Estudios de muestran que las personas deben mantener una ingesta adecuada de líquidos para evitar una deshidratación (Swithinbank, Hashim, & Abrams, 2005). En este trabajo se determina que los cambios de masa corporal medidos antes y después del entrenamiento son de suma importancia ya que esto permite evaluar la disminución de agua corporal que puede afectar el rendimiento físico, sin embargo, se necesitan futuras investigaciones para examinar con más detalle la precisión de estos métodos de hidratación.

Mediante el análisis de orina escala de armstrong y uroanálisis se identificaron los siguientes resultados: la participante 1 que cuando consumió agua hubo una ligera mejoría pero no se corrigió la deshidratación, el parámetro de gravedad específica indicó valores de 1.0291 inicial y  $>1.03$  final, reafirmando que hay una deshidratación severa, mientras que, cuando consumió la muestra Man-P se mantuvo la cantidad elevada de solutos, además de mantener valores de gravedad específica tanto al inicio como al final del entreno ( $>1.03$ ) de igual manera indicando deshidratación severa, finalmente con la muestra Mec-Hip se mantuvo un estado de hidratación ideal antes y después de la actividad física y estos se corroboró con respecto a la gravedad específica donde se identificó un valor al inicio del entreno de 1.017 y al final un valor de 1.007 indicando una hidratación adecuada tal como se muestra en la tabla 9. Con respecto a la participante 2, mostraron que en estado basal la deshidratación empeoró ligeramente después de la actividad física, también se identificó que la producción de cetonas y nitritos, la presencia de estos compuestos es evidencia de que se realizó una actividad física intensa, la gravedad específica se mantuvo con un valor de  $>1.03$  tanto al inicio o al final, indicando deshidratación severa. Cuando esta participante consumió agua, durante el análisis de color se observó que se mantuvo un estado de hidratación

aparentemente aceptable, pero con altos niveles de solutos, mientras que la gravedad específica mostró valor inicial de 1.028 y final de  $>1.03$  representando que al inicio del entreno se mantuvo con deshidratación moderada y al final del entreno presentó hidratación severa. Al consumir Man-P, el parámetro de gravedad específica mostró valores de 1.015 al inicio y 1.021 final manteniendo un estado de hidratación adecuado, con la muestra Mec-Hip los valores de gravedad específica indicaron que al inicio hubo deshidratación moderada (1.027) y finalizó con un valor de  $>1.03$ , esto quiere decir que el estado de deshidratación se agravó (Tabla 10). Los resultados de la participante 3 en estado basal, y con el agua, la gravedad específica se mantuvo un estado de deshidratación severa tanto al inicio y fin de entreno ( $>1.03$ ), Sin embargo, con la muestra Man-P el parámetro de color mostró que hubo una mejoría en el estado de hidratación, y la gravedad específica arrojó valores iniciales de 1.025 y final fue de  $>1.03$  esto quiere decir que pasó de tener una deshidratación moderada a presentar una ligera deshidratación y con la muestra Mec-Hip, se mantuvo la concentración de solutos indicando una ligera deshidratación, con respecto a la gravedad específica, de igual manera hubo una deshidratación severa ( $>1.03$ ) así como pasó estando en estado basal y con agua (Tabla 11).

La participante 4, al consumir agua se mantuvo en estado de deshidratación severa tanto al inicio como al final, esto se determinó principalmente con el valor de gravedad específica ( $>1.03$ ), con Man-P, la gravedad específica al inicio fue de 1.0187 y al final fue ( $>1.03$ ) esto representa que de estar en un estado de hidratación pasó a deshidratación severa (Tabla 12). Con la participante 5 se identificó que en estado basal la gravedad específica inicial y final mostró deshidratación severa ( $>1.03$ ), con la muestra Man-P, de presentar una gravedad específica inicial con 1.0172 lo que indica una hidratación adecuada pasó a un valor de ( $>1.03$ ) lo que indica una deshidratación severa y con Mec-Hip, tanto inicio y final la gravedad específica se mantuvo en deshidratación severa ( $>1.03$ ) (Tabla 13). Los resultados de la participante 6 mostraron que en estado basal la gravedad específica mostró valores iniciales de 1.0075 indicando hidratación adecuada sin embargo al finalizar el entrenamiento, se observó una deshidratación severa ( $>1.03$ ), hubo presencia de cetonas y nitritos indicadores de la realización de actividad física, al consumir agua y la muestra Man-P, el valor de gravedad específica inicial fue 1.0225 y 1.0175 respectivamente encontrándose en deshidratación moderada sin embargo, después de la actividad física se observó una

deshidratación severa ( $>1.03$ ) tanto en agua como en Man-P, al consumir Man-P, en relación a la muestra Mec-Hip, tanto al inicio como al final se mantuvo deshidratada ( $>1.03$ ) (Tabla 14). Finalmente, la participante 7 en estado basal así como con las muestras Man-P y Mec-Hip su gravedad específica al inicio fue de 1.0125 esto quiere decir que esta jugadora llegó al entrenamiento en estado de hidratación adecuado, sin embargo, después del consumo de estas y al finalizar el entrenamiento, hubo una deshidratación severa ( $>1.03$ ) tal como se muestra en la tabla 15. Cabe mencionar que algunos valores no se reportan en algunas tablas debido a que en ocasiones las jugadoras no asistían de manera puntual al entrenamiento e inmediatamente debían ingresar al entreno. Si bien los datos se ven afectados por la razón antes mencionada, sin embargo, con los datos obtenidos se realizó el análisis.

La escala de Armstrong que es un método fácil para análisis de orina mediante una escala de color que permite evaluar el estado de hidratación (Armstrong et al., 1998), los colores más claros indican que existió una mayor ingesta de líquidos, mientras que los colores más oscuros se asocian con una hidratación deficiente (Silva et al., 2024). Esta escala además permite obtener información sobre enfermedades que afectan al sistema urinario, la presencia elevada de proteínas en la orina (proteinuria) puede ser un indicativo de alguna enfermedad renal y también puede estar determinada por la realización de ejercicio físico corto o intenso y esto se relaciona al aumento de radicales libres generados durante la actividad física intensa (Manzanares, 2015), esto provoca un mayor paso de proteínas plasmáticas a través del glomérulo y se conoce que el principal componente de la proteinuria puede ser la albúmina seguido de globulinas, hemoglobinas y mucoproteínas (Collier, 1907).

El pH de la orina está regulado por la secreción de iones de hidrógeno ( $H^+$ ) en el organismo, este puede variar entre 4.5 y 8 resaltando que el promedio se encuentra alrededor de 6 debido a que el metabolismo normal produce un exceso de ácidos y cuando esto ocurre, se excreta mayor cantidad de  $H^+$  sin embargo cuando se excretará menor cantidad de  $H^+$ , la orina es alcalina (Manzanares, 2015). En un estudio evaluado por Lopez y colaboradores (2022), muestran la relación entre el color de la orina antes de la actividad física y el porcentaje de pérdida de masa corporal en atletas femeninas y mencionan que por cada litro de líquido consumido, las participantes ganaron un 0.1% de masa corporal y además mencionan que la

determinación de una mayor coloración en la orina antes de la actividad física, predice una menor pérdida de masa corporal.

**Tabla 9** Determinación de escala de Armstrong y uroanálisis en orina de participante No. 1

Participante		Basal		Agua		Man-P		Mec-Hip	
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
1	Armstrong	-	-	6 (T+)	5.25	3.5 (T++)	4.5 (S++)	3	3
	pH	-	-	5	5.83	5.5	5.25	7.75	7.5
	Gravedad específica	-	-	1.0291	>1.03	>1.03	>1.03	1.0175	1.0075
	Cetonas	-	-	Neg	Neg	Neg	Neg	<0.5 (traza)	Neg
	Proteínas	-	-	<traza (±)	<traza (±)	Neg	Neg	Neg	Neg
	Nitritos	-	-	Positivo	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg

Las letras y signos hacen referencia a lo siguiente: T: Turbidez moderada, S: Sedimento moderado, Neg: negativo, +: Poco, ++: Mucho y +++: Demasiado y Neg: Negativo.

**Tabla 10** Determinación de escala de Armstrong y uroanálisis en orina de participante No. 2

Participante		Basal		Agua		Man-P		Mec-Hip	
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
2	Armstrong	7	7	3.5	4	5.5 (T+)	5.5	5	6
	pH	6	5.5	5.25	5.5	7	6.37	6	5.5
	Gravedad específica	>1.03	>1.03	1.0287	>1.03	1.015	1.0212	1.0275	>1.03
	Cetonas	Neg	<0.5 (traza)	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg
	Proteínas	<0.3 (+)	<traza (±)	<traza (±)	0.3 (+)	0.85 (++)	0.52 (+)	<0.3 (+)	<traza (±)
	Nitritos	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg

Las letras y signos hacen referencia a lo siguiente: T: Turbidez moderada, S: Sedimento moderado, +: Poco, ++: Mucho y +++: Demasiado y Neg: Negativo.

**Tabla 11** Determinación de escala de Armstrong y uroanálisis en orina de participante No. 3

Participante		Basal		Agua		Man-P		Mec-Hip	
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
3	<b>Armstrong</b>	4	6	3 (S++)	2	2.5	4.5	3.5 (T+)	4
	<b>pH</b>	5.5	5.5	5.75	5.5	6.62	5.5	5.5	5.25
	<b>Gravedad específica</b>	>1.03	>1.03	>1.03	>1.03	1.025	>1.03	>1.03	>1.03
	<b>Cetonas</b>	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg
	<b>Proteínas</b>	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg
	<b>Nitritos</b>	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg

Las letras y signos hacen referencia a lo siguiente: T: Turbidez moderada, S: Sedimento moderado, +: Poco, ++: Mucho y +++: Demasiado y Neg: Negativo.

**Tabla 12** Determinación de escala de Armstrong y uroanálisis en orina de participante No.4

Participante		Basal		Agua		Man-P		Mec-Hip	
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
4	<b>Armstrong</b>	-	-	2.5 (S)	3.5	4 (T)	5	3	-
	<b>pH</b>	-	-	7	6	6.87	5.5	7.12	6
	<b>Gravedad específica</b>	-	-	>1.03	>1.03	1.0187	>1.03	1.0175	-
	<b>Cetonas</b>	-	-	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	-
	<b>Proteínas</b>	-	-	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	-
	<b>Nitritos</b>	-	-	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	-

Las letras y signos hacen referencia a lo siguiente: T: Turbidez moderada, S: Sedimento moderado, +: Poco, ++: Mucho y +++: Demasiado y Neg: Negativo.

**Tabla 13** Determinación de escala de Armstrong y uroanálisis en orina de participante No. 5

Participante		Basal		Agua		Man-P		Mec-Hip	
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
5	<b>Armstrong</b>	6 (T y S +)	7	6	5	5.5	6	5.5	5.5
	<b>pH</b>	6	5	7	6	7.6	5.5	6	5.75
	<b>Gravedad específica</b>	>1.03	>1.03	-	-	1.0172	>1.03	>1.03	>1.03
	<b>Cetonas</b>	<0.5 (traza)	Neg	-	-	Neg	Neg	<0.5 (traza)	Neg
	<b>Proteínas</b>	0.7 (++)	-	-	-	0.52 (+)	Traza (±)	Neg	Neg
	<b>Nitritos</b>	Neg	Neg	-	-	Neg	Neg	Neg	Neg

Las letras y signos hacen referencia al siguiente: T: Turbidez moderada, S: Sedimento moderado, +: Poco, ++: Mucho y +++: Demasiado y Neg: Negativo.

**Tabla 14** Determinación de escala de Armstrong y uroanálisis en orina de participante No. 6

Participante		Basal		Agua		Man-P		Mec-Hip	
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
6	<b>Armstrong</b>	3	5	4	5	2.5	4.5	4	4.5
	<b>pH</b>	7.5	6.25	6	5.5	6.87	5.25	6.12	5.5
	<b>Gravedad específica</b>	1.0075	>1.03	1.0225	>1.03	1.0175	>1.03	>1.03	>1.03
	<b>Cetonas</b>	Neg	<0.5 (traza)	Neg	<0.5 (traza)	Neg	Neg	Neg	Neg
	<b>Proteínas</b>	<traza (±)	<traza (±)	Neg	-	Neg	Neg	Neg	<traza (±)
	<b>Nitritos</b>	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg

Las letras y signos hacen referencia a lo siguiente: T: Turbidez moderada, S: Sedimento moderado, +: Poco, ++: Mucho y +++: Demasiado y Neg: Negativo.

**Tabla 15** Determinación de escala de Armstrong y uroanálisis en orina de participante No. 7

Participante		Basal		Agua		Man-P		Mec-Hip	
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
7	<b>Armstrong</b>	4	6	3 (T+ y M)	7	3.5 (T)	6.5	3 (T+)	6
	<b>pH</b>	8	5.5	6.6	5	7.5	5	7.75	6.5
	<b>Gravedad específica</b>	1.0125	>1.03	1.0225	-	1.1025	>1.03	1.0125	>1.03
	<b>Cetonas</b>	Neg	<0.5 (traza)	Neg	-	Neg	Neg	Neg	Neg
	<b>Proteínas</b>	<traza (±)	<traza (±)	Neg	-	Neg	Neg	Neg	Neg
	<b>Nitritos</b>	Neg	Neg	Neg	-	Neg	Neg	Neg	Neg

T Las letras y signos hacen referencia a lo siguiente: T: Turbidez moderada, S: Sedimento moderado, M: Presencia de sangrado menstrual, +: Poco, ++: Mucho y +++: Demasiado y Neg: Negativo.

En un estudio realizado por Chevront y Kenefick (2014) mencionan que los atletas que participaron en ejercicios de resistencia toleraron niveles de deshidratación de 1 a 2% de peso corporal sin afectar su rendimiento en un tiempo menor a 90 minutos y clima templado de 20°C a 21°C sin embargo si el ejercicio es a la misma temperatura, pero en un tiempo mayor, el nivel de deshidratación puede ser mayor al 2% lo que se refleja en una afectación del rendimiento de resistencia. Cisneros y colaboradores (2022) mencionan que existe pérdida de agua durante el ejercicio a través del sudor y orina, esto puede provocar deshidratación que a su vez genera cambios fisiológicos viéndose afectado su rendimiento físico así como la capacidad aeróbica en los deportistas.

### 8.12.3 Porcentaje de agua corporal antes y después de la actividad física

La hidratación post ejercicio ayuda a mejorar el rendimiento físico con ello se busca recuperar el peso perdido durante el ejercicio realizado y esta reposición debe ser del 150 a 200 % del peso perdido por sudoración y producción de orina (Evans, Shirreffs, & Maughan, 2009). Con esta información se determina que el agua corporal es un factor importante para favorecer la actividad física y que a su vez, el organismo se vea beneficiado frente a enfermedades crónicas no transmisibles que afectan la salud de la población (San Miguel-Simbrón, Urteaga-Mamani, & Muñoz-Vera, 2020). El propósito de este trabajo fue determinar el nivel de hidratación en las deportistas, los promedios de los resultados

obtenidos al inicio y al final de cada entreno y con el consumo de agua (Tabla 16) y consumo de las muestras Man-P (Tabla 17) y Mec-Hip (Tabla 18).

Con respecto a la jugadora 1, se observó que con la muestra Man-P su peso se mantuvo (65.9 kg) antes y después del entrenamiento, sin embargo, el porcentaje de agua antes de entrenar que en la tabla se muestra como inicio fue de 53.5%, menor que el porcentaje al término del entreno en tabla expresado como final, fue de 54.2% lo que indica que esta muestra la hidrató ligeramente. Mientras que con la muestra Mec-Hip consumida una semana después, se observó una ligera disminución en cuanto peso (inicial de 65.8 kg y final de 65.5 kg) comparada con la toma de peso anterior y con respecto al porcentaje de agua, de un valor inicial 51.6 % aumento a 53.0% indicando que esta muestra comparada con la anterior aportó mayor hidratación para esta jugadora.

La jugadora 2, con la muestra Man-P su peso fue (inicial de 51.8 kg y final de 51.7 kg) lo que muestra que hubo una pérdida de .1 kg de peso mientras que los datos de porcentaje de agua mostraron que al inicio fue de 58.1% y al final de 60.7%, estos valores indican que hubo hidratación. Al consumir la muestra Mec-Hip, los datos con relación al peso fueron de 51.3 kg inicial y 51.2 kg final y para el porcentaje de agua, se observa una ligera hidratación (60.4 % inicial y 61.7% final) esto permite analizar que para esta jugadora la muestra que aportó mayor hidratación fue Man-P. Cabe mencionar que para estas dos primeras jugadoras no se muestran valores con respecto al blanco (agua) ya que en algunas ocasiones llegaron tarde al entrenamiento y ya no se pudo determinar ciertos parámetros como peso inicial y porcentaje de agua que son los que se abarcan en este apartado.

En cuanto a la jugadora 3, con el agua, mostró un peso inicial de 53.3 kg y final de 53.8 kg teniendo una diferencia de .5 kg, su porcentaje de agua inicial fue de 59.9% y final de 59.8% esto se relaciona a que, si bien el agua no la hidrató, pero si la mantuvo en estado de hidratación. Para muestra Man-P, su peso inicial y final se mantuvo en 51.1 kg, mientras que el porcentaje de agua inicial fue de 58.7% y 57.8% final, en este sentido, se observa una ligera deshidratación. Con la muestra Mec-Hip, los datos arrojados fueron de 51.2 kg de peso inicial y 51.4 kg peso final, el porcentaje de agua fue de 58.8 inicial y 58.9 final manteniendo la hidratación sin mostrar aumento o disminución, por lo tanto, se determina que para la

jugadora 3, tanto el agua como la muestra Mec-Hip la mantienen hidratada en niveles con los que llegó al entrenamiento.

La jugadora 4, con el consumo de agua mostró un peso inicial de 62.6 kg y 63.2 kg final habiendo un aumento de .6 kg después del entrenamiento, el porcentaje de agua inicial fue de 57.1 y final de 56.7 % esto se interpreta como una ligera deshidratación. Con la muestra Man-P, el peso inicial fue de 63.7 kg y final de 63.2 kg con una diferencia de .5 kg al final, el porcentaje de agua mostró 56.6% al inicio y 56.1 al final, identificando una ligera deshidratación. Para la muestra Mec-Hip, el peso fue de 62.2 inicial y 62.1 final con un porcentaje de agua inicial de 57.5% y 56.8% de igual manera se observó una ligera deshidratación. Los datos de esta jugadora permiten determinar que la muestra que la mantuvo hidratada fue Man-P mientras que con agua y Mec-Hip se observó una ligera deshidratación.

En relación a la jugadora 5, el peso inicial fue de 69.3kg y final de 68.9kg con una diferencia de .4 kg, su porcentaje de agua inicial fue de 52.7% y 53.7% final, esto indica que hubo hidratación al consumir agua, con la muestra Man-P, el peso reportado fue de 69.2kg y 68.8kg mientras que el porcentaje de agua arrojó datos de 52.7% inicial y 52.9% final manteniendo la hidratación. Para muestra Mec-Hip no se reportan datos debido a que la jugadora llegó tarde y no se pudo determinar peso y porcentaje de agua inicial. Los datos para la jugadora 6 con respecto al peso fueron de 51.4kg inicial y 51.3kg final, el porcentaje de agua fue de 55.6% inicial y 56.6% final indicando hidratación en relación al consumo de agua, mientras que para el consumo de la muestra Ma-P, el peso se mantuvo en 51.1kg al inicio y final, el porcentaje de agua fue de 56.1% y 56.6% de igual manera se observa que hubo una mínima hidratación. En cuanto a la muestra Mec-Hip, el peso inicial fue de 51.2 kg y 51.3kg final, el porcentaje de agua arrojó datos de 55.5% y 55.4% se puede decir que la hidratación se mantuvo. Por lo tanto, para esta jugadora el agua es la que la mantiene mejor hidratada.

Finalmente, los datos para la jugadora 7 son los siguientes: el peso inicial fue de 52.5kg y final de 52.3kg, mientras que los datos de porcentaje de agua fueron de 57.7% inicial y 58.1% final, esto quiere decir que hubo una ligera hidratación al consumir agua. Los datos para muestra Man-P fueron de 52.5kg inicial y 52.0kg final, para el porcentaje de agua se obtuvieron datos de 57.2% y 58.7% lo que lleva a determinar que existió una ligera

hidratación, con la muestra Mec-Hip los datos de peso fueron de 51.9kg inicio y 51.8kg final, el porcentaje de agua fue de 56.9% inicial y 57.5% final, indicando una ligera hidratación, por lo tanto, la muestra que mejor hidrató a esta jugadora fue Man-P.

**Tabla 16** Determinación de porcentaje de agua corporal con consumo de agua

Participante	Agua			
	Peso inicial (kg)	% de agua inicial	Peso final (kg)	% agua final
1	-	-	-	-
2	-	-	-	-
3	53.3	59.9	53.8	59.8
4	62.6	57.1	63.2	56.7
5	69.3	52.7	68.9	53.7
6	51.4	55.6	51.3	56.6
7	52.5	57.7	52.3	58.1

**Tabla 17** Determinación de porcentaje de agua corporal con consumo de Man-P

Participante	Man-P			
	Peso inicial (kg)	% de agua inicial	Peso final (kg)	% agua final
1	65.9	53.5	65.9	54.2
2	51.8	58.1	51.7	60.7
3	51.1	58.7	51.1	57.8
4	63.7	56.6	63.2	56.1
5	69.2	52.7	68.8	52.9
6	51.1	56.1	51.1	56.9
7	52.5	57.2	52.0	58.7

**Tabla 18** Determinación de porcentaje de agua corporal con consumo de Mec-Hip

Participante	Mec-Hip			
	Peso inicial (kg)	% de agua inicial	Peso final (kg)	% agua final
1	65.8	51.6	65.5	53.0
2	51.3	60.4	51.2	61.7
3	51.2	58.8	51.4	58.9
4	62.2	57.5	62.1	56.8
5	-	-	-	-
6	51.2	55.5	51.3	55.4
7	51.9	56.9	51.8	57.5

En el organismo humano, la molécula más abundante es el agua, específicamente en mujeres en un rango de edad de 17 a 35 años representa el 55% del peso corporal (San Miguel-Simbrón et al., 2020). La sudoración durante la realización de la actividad física, es un medio para mantener la temperatura corporal adecuada en este sentido, se pierde calor y líquidos, de igual manera, con la hiperventilación se pierde agua corporal. Es por ello que se

recomienda el consumo de agua de 2 litros por día en adulto joven y 3 litros si se realiza alguna actividad física. Existen varios términos relacionados a la hidratación que también es conocida como euhidratación y es cuando hay un balance de agua corporal en el organismo, mientras que cuando nos referimos a la deshidratación, es la pérdida de agua del cuerpo. La técnica utilizada para comparar el estudio de agua corporal total y su relación con el peso corporal total es mediante bioimpedancia eléctrica que consiste en la oposición que existe entre un tejido biológico al paso de la corriente eléctrica alterna (Quesada Leyva, León Ramentol, Betancourt Bethencourt, & Nicolau Pestana, 2016).

Con la información antes mencionada se puede deducir que tanto Man-P como Mec-Hip tienen el efecto de hidratación dependiendo el organismo de cada deportista y también es importante mencionar que se muestran niveles de hidratación mínimos debido a dos factores, el primero es que las deportistas ya llegaban en un estado de deshidratación y el segundo es que se dio a tomar una cantidad pequeña de muestra, esto nos puede llevar a estudios futuros donde se consideren estos parámetros y se puedan obtener mejores resultados.

## 9 CONCLUSIONES

La presencia de compuestos antioxidantes en los jugos de granada depende del sistema de sanitización. Se observó que el análisis bromatológico demostró mayores cantidades de agua, sólidos totales y carbohidratos en el tratamiento Mec-Hip debido a la fuerza mecánica aplicada a la extracción del jugo. Los fenoles y la actividad antioxidante se conservaron en mayor cantidad en el tratamiento Man-P, mientras que los flavonoides y antocianinas se encontraron en mayor cantidad en el tratamiento Mec-Hip. Adicionalmente, la actividad antihipertensiva demostró que las prácticas de extracción y sanitización mantuvieron los compuestos de interés, generando la inhibición de la ECA. Estos resultados son de gran importancia ya que el jugo de granada puede brindar grandes beneficios a la salud debido a sus propiedades antioxidantes y antihipertensivas. En relación a la evaluación sensorial, la muestra que presentó mayor aceptación por parte de los participantes fue Mec-Hip atribuyéndose al dulzor que presenta la muestra y esto se relaciona con el método de extracción de jugo lo que permitió obtener un mayor contenido de sólidos dentro de los que destacan carbohidratos.

Con respecto a la intervención en deportistas, los jugos no mostraron ser una opción, esto por varios motivos, primeramente, porque el estado de hidratación de todas las jugadoras, es en lo general muy deficiente; debido a que inician la práctica de entrenamiento y competencia en un desbalance hídrico importante, el cual se agrava por las pérdidas sensibles y no sensibles de agua y electrolitos por el esfuerzo físico realizado, otra razón es que durante la actividad física, no realizan buenas prácticas de hidratación, por lo que las bebidas administradas a base de granada, así como el agua proporcionada en este estudio, no fueron suficientes para observar una mejora significativa en el estado de hidratación de las jugadoras.

Las bebidas estudiadas pueden ser una buena propuesta para los deportistas, no solo de aporte de agua y algunos electrolitos, sino también, por proporcionar compuestos energéticos como glucosa, aminoácidos, proteínas y vitaminas, que son útiles en el metabolismo energético

muscular y neurológico del deportista, pero deben de ser reformulados para que alcancen a cubrir y reponer lo gastado tras la práctica deportiva. Se sugiere profundizar el estudio, garantizando el estado de hidratación de las jugadoras por medio de un plan personalizado de hidratación antes, durante y después del entreno, para probar las bebidas de granada y observar significativamente cuál de ellas es la mejor opción para convertirse en una propuesta de bebida sugerida para deportistas.

## 10 REFERENCIAS

- Agcam, E., Akyıldız, A., & Akdemir Evrendilek, G. (2014). Comparison of phenolic compounds of orange juice processed by pulsed electric fields (PEF) and conventional thermal pasteurisation. *Food Chem*, *143*, 354-361. doi:10.1016/j.foodchem.2013.07.115
- Aguirre-Cruz, G., León-López, A., Cruz-Gómez, V., Jiménez-Alvarado, R., & Aguirre-Álvarez, G. (2020). Collagen Hydrolysates for Skin Protection: Oral Administration and Topical Formulation. *Antioxidants*, *9*(2), 181. doi:10.3390/antiox9020181
- Akhavan, H., Barzegar, M., Weidlich, H., & Zimmermann, B. F. (2015). Phenolic compounds and antioxidant activity of juices from ten Iranian pomegranate cultivars depend on extraction. *Journal of Chemistry*, *2015*(1), 907101. doi:<https://doi.org/10.1155/2015/907101>
- Akhtar, S., Ismail, T., Fraternali, D., & Sestili, P. (2015). Pomegranate peel and peel extracts: Chemistry and food features. *Food Chemistry*, *174*, 417-425. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.035>
- Akter, T., Bulbul, M. R. H., Sama-Ae, I., Azadi, M. A., Nira, K. N., Al-Araby, S. Q., . . . Rahman, M. A. (2023). Sour Tamarind Is More Antihypertensive than the Sweeter One, as Evidenced by In Vivo Biochemical Indexes, Ligand-Protein Interactions, Multitarget Interactions, and Molecular Dynamic Simulation. *Nutrients*, *15*(15). doi:10.3390/nu15153402
- Al-Dujaili, E. A. S., Casey, C., & Stockton, A. (2022). Antioxidant Properties and Beneficial Cardiovascular Effects of a Natural Extract of Pomegranate in Healthy Volunteers: A Randomized Preliminary Single-Blind Controlled Study. *Antioxidants (Basel)*, *11*(11). doi:10.3390/antiox11112124
- Al-Jarallah, A., Igdoura, F., Zhang, Y., Tenedero, C. B., White, E. J., MacDonald, M. E., . . . Trigatti, B. L. (2013). The effect of pomegranate extract on coronary artery atherosclerosis in SR-BI/APOE double knockout mice. *Atherosclerosis*, *228*(1), 80-89. doi:<https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2013.02.025>
- Aleksandrova, S., Alexova, R., & Dragomanova, S. (2023). Preventive and Therapeutic Effects of Punica granatum L. Polyphenols in Neurological Conditions. *International Journal of Molecular Sciences*, *24*(3), 1856. doi:<https://doi.org/10.3390/ijms24031856>
- Aloqbi, A., Omar, U., Yousr, M., Grace, M., Lila, M. A., & Howell, N. (2016). Antioxidant activity of pomegranate juice and punicalagin. *Natural Science*, *8*(6), 235-246. doi:10.4236/ns.2016.86028
- Alper, N., Bahceci, K., & Acar, J. (2005). Influence of processing and pasteurization on color values and total phenolic compounds of pomegranate juice. *Journal of Food Processing and Preservation*, *29*, 357-368. doi:10.1111/j.1745-4549.2005.00033.x

- Ammar, A., Bailey, S. J., Chtourou, H., Trabelsi, K., Turki, M., Hökelmann, A., & Souissi, N. (2018). Effects of pomegranate supplementation on exercise performance and post-exercise recovery in healthy adults: a systematic review. *British Journal of Nutrition*, *120*(11), 1201-1216. doi:10.1017/S0007114518002696
- Amponsah-Offeh, M., Diaba-Nuhoho, P., Speier, S., & Morawietz, H. (2023). Oxidative Stress, Antioxidants and Hypertension. *Antioxidants*, *12*(2), 281. doi:<https://doi.org/10.3390/antiox12020281>
- Amri, Z., Ghorbel, A., Turki, M., Akrouf, F. M., Ayadi, F., Elfeki, A., & Hammami, M. (2017). Effect of pomegranate extracts on brain antioxidant markers and cholinesterase activity in high fat-high fructose diet induced obesity in rat model. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, *17*(1), 339. doi:10.1186/s12906-017-1842-9
- Andreu-Sevilla, A., Mena, P., Martí, N., Viguera, C., & Carbonell-Barrachina, Á. (2013). Volatile composition and descriptive sensory analysis of pomegranate juice and wine. *Food Research International*, *54*, 246-254. doi:10.1016/J.FOODRES.2013.07.007
- Arendse, E., Nieuwoudt, H., Fawole, O. A., & Opara, U. L. (2021). Effect of different extraction methods on the quality and biochemical attributes of pomegranate juice and the application of Fourier transformed infrared spectroscopy in discriminating between different extraction methods. *Frontiers in Plant Science*, *12*, 702575. doi:10.3389/fpls.2021.702575
- Armstrong, L. E., Soto, J. A., Hacker, F. T., Jr., Casa, D. J., Kavouras, S. A., & Maresh, C. M. (1998). Urinary indices during dehydration, exercise, and rehydration. *Int J Sport Nutr*, *8*(4), 345-355. doi:10.1123/ijns.8.4.345
- Atmaca, B., Demiray, M., Akdemir Evrendilek, G., Bulut, N., & Uzuner, S. (2023). High-Pressure Processing of Traditional Hardaliye Drink: Effect on Quality and Shelf-Life Extension. *Foods*, *12*(15), 2876. doi:<https://doi.org/10.3390/foods12152876>
- Aviram, M., & Dornfeld, L. (2001). Pomegranate juice consumption inhibits serum angiotensin converting enzyme activity and reduces systolic blood pressure. *Atherosclerosis*, *158*(1), 195-198. doi:[https://doi.org/10.1016/S0021-9150\(01\)00412-9](https://doi.org/10.1016/S0021-9150(01)00412-9)
- Aviram, M., & Rosenblat, M. (2013). Pomegranate for your cardiovascular health. *Rambam Maimonides Med J*, *4*(2), e0013. doi:10.5041/rmmj.10113
- Bar-Ya'akov, I., Tian, L., Amir, R., & Holland, D. (2019a). Primary Metabolites, Anthocyanins, and Hydrolyzable Tannins in the Pomegranate Fruit. *Front Plant Sci*, *10*, 620. doi:10.3389/fpls.2019.00620
- Bar-Ya'akov, I., Tian, L., Amir, R., & Holland, D. (2019b). Primary Metabolites, Anthocyanins, and Hydrolyzable Tannins in the Pomegranate Fruit. *Frontiers in Plant Science*, *10*, 620. doi:10.3389/fpls.2019.00620

- Barati Boldaji, R., Akhlaghi, M., Sagheb, M. M., & Esmaeilinezhad, Z. (2020). Pomegranate juice improves cardiometabolic risk factors, biomarkers of oxidative stress and inflammation in hemodialysis patients: a randomized crossover trial. *J Sci Food Agric*, *100*(2), 846-854. doi:10.1002/jsfa.10096
- Bekir, J., Mars, M., Vicendo, P., Fterrich, A., & Bouajila, J. (2013). Chemical composition and antioxidant, anti-inflammatory, and antiproliferation activities of pomegranate (*Punica granatum*) flowers. *J Med Food*, *16*(6), 544-550. doi:10.1089/jmf.2012.0275
- Benedetti, G., Zabini, F., Tagliavento, L., Meneguzzo, F., Calderone, V., & Testai, L. (2023). An Overview of the Health Benefits, Extraction Methods and Improving the Properties of Pomegranate. *Antioxidants*, *12*(7), 1351. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2076-3921/12/7/1351>
- Benedetti, G., Zabini, F., Tagliavento, L., Meneguzzo, F., Calderone, V., & Testai, L. (2023). An Overview of the Health Benefits, Extraction Methods and Improving the Properties of Pomegranate. *Antioxidants (Basel)*, *12*(7). doi:10.3390/antiox12071351
- Benjamin, O., & Gamrasni, D. (2016). Electronic Tongue as an Objective Evaluation Method for Taste Profile of Pomegranate Juice in Comparison with Sensory Panel and Chemical Analysis. *Food analytical methods*, *9*, 1726-1735. doi:10.1007/s12161-015-0350-0
- Berg, J., Nauman, J., & Wisløff, U. (2024). Normative values for body composition in 22,191 healthy Norwegian adults 20–99 years: The HUNT4 study. *Progress in Cardiovascular Diseases*, *85*, 82-92. doi:<https://doi.org/10.1016/j.pcad.2024.06.002>
- Bertucco, A., & Vetter, G. (2001). *High pressure process technology: fundamentals and applications* (Vol. 9). Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Science.
- Bhatia, S., Giri, S., Lal, A., & Singh, S. (2020). Battle Against Coronavirus: Repurposing Old Friends (Food Borne Polyphenols) for New Enemy (COVID-19). *Chem Rxiv*, *1*. doi:10.26434/chemrxiv.12108546.v1
- Bibi, J., Lei, Y., Kotwica-Mojzych, K., Głowacka, M., & Mojzych, M. (2024). The power of pomegranate as natural supplement remedy for sportsmen and athletes: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Functional Foods*, *121*, 106453. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jff.2024.106453>
- Bopitiya, D., & Madhujith, T. (2012). Antioxidant potential of pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars grown in Sri Lanka. *Tropical Agricultural Research* *24*(1), 71-81. doi:<https://pdfs.semanticscholar.org/fa34/82d03652aa3bc78022116e2af99495e41695.pdf>
- Braga, A. R. C., Murador, D. C., de Souza Mesquita, L. M., & de Rosso, V. V. (2018). Bioavailability of anthocyanins: Gaps in knowledge, challenges and future research.

- Journal of Food Composition and Analysis*, 68, 31-40.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.07.031>
- Bustamante, A., García-Díaz, D., Jiménez, P., Valenzuela, R., Pando, M. E., & Echeverría, F. (2022). Potencial efecto terapéutico de los polifenoles obtenidos de la cáscara de granada en la esteatosis hepática. *Revista chilena de nutrición*, 49, 89-99. Retrieved from [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-75182022000100089&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182022000100089&nrm=iso)
- Campos-Lozada, G., Pérez-Marroquín, X. A., Callejas-Quijada, G., Campos-Montiel, R. G., Morales-Peñaloza, A., León-López, A., & Aguirre-Álvarez, G. (2022). The Effect of High-Intensity Ultrasound and Natural Oils on the Extraction and Antioxidant Activity of Lycopene from Tomato (*Solanum lycopersicum*) Waste. *Antioxidants*, 11(7). doi:10.3390/antiox11071404
- Campos-Nonato, I., Hernández-Barrera, L., Flores-Coria, A., Gómez-Álvarez, E., & Barquera, S. (2019). [Prevalence, diagnosis and control of hypertension in Mexican adults with vulnerable condition. Results of the Ensanut 100k]. *Salud Publica Mex*, 61(6), 888-897. doi:10.21149/10574
- Cao, K., Lv, W., Hu, S., Gao, J., Liu, J., & Feng, Z. (2020). Punicalagin Activates AMPK/PGC-1 $\alpha$ /Nrf2 Cascade in Mice: The Potential Protective Effect against Prenatal Stress. 64(14), e2000312. doi:10.1002/mnfr.202000312
- Carey, R. M., & Siragy, H. M. (2003). Newly Recognized Components of the Renin-Angiotensin System: Potential Roles in Cardiovascular and Renal Regulation. *Endocrine Reviews*, 24(3), 261-271. doi:10.1210/er.2003-0001
- Caruso, A., Barbarossa, A., Tassone, A., Ceramella, J., Carocci, A., Catalano, A., . . . Sinicropi, M. S. (2020). Pomegranate: Nutraceutical with Promising Benefits on Human Health. *Applied Sciences*, 10(19), 6915. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/19/6915>
- Cervantes Hernández, I. (2016). *Efecto de pulsos electricos moderados sobre el jugo de granada*. (Engineering). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila. México. Retrieved from <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/8384/K64477%20Cervantes%20Hern%C3%A1ndez%20Itzel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chai, S. Y., Fernando, R., Peck, G., Ye, S. Y., Mendelsohn, F. A. O., Jenkins, T. A., & Albiston, A. L. (2004). What's new in the renin-angiotensin system? *Cellular and Molecular Life Sciences CMLS*, 61(21), 2728-2737. doi:10.1007/s00018-004-4246-1
- Chaikham, P., & Apichartsrangkoon, A. (2012). Comparison of dynamic viscoelastic and physicochemical properties of pressurised and pasteurised longan juices with xanthan addition. *Food Chemistry*, 134(4), 2194-2200. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.04.056>

- Chen, D., Xi, H., Guo, X., Qin, Z., Pang, X., Hu, X., . . . Wu, J. (2013). Comparative study of quality of cloudy pomegranate juice treated by high hydrostatic pressure and high temperature short time. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *19*, 85-94. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2013.03.003>
- Cheuvront, S. N., & Kenefick, R. W. (2014). Dehydration: physiology, assessment, and performance effects. *Compr Physiol*, *4*(1), 257-285. doi:10.1002/cphy.c130017
- Cisneros, A. E. R., González, J. M. S., Estrada, K. P., Olivares, B., Ortiz, M. M. L., Villa, V., . . . Cánovas, G. M. (2022). Plan de hidratación, efectos sobre la densidad urinaria y la Capacidad Aeróbica en un equipo femenino de fútbol. *Revista Mexicana de Patología Clínica y Medicina de Laboratorio*, *68*(2), 80-89. doi:10.35366/103344
- Collier, W. (1907). Functional Albuminuria in Athletes. *British Medical Journal*, *1*(2401), 4-6. doi:10.1136/bmj.1.2401.4
- Conidi, C., Drioli, E., & Cassano, A. (2020). Perspective of Membrane Technology in Pomegranate Juice Processing: A Review. *Foods*, *9*(7), 889. doi:<https://doi.org/10.3390/foods9070889>
- Coronado-Reyes, J. A., Cortés-Penagos, C. d. J., & González-Hernández, J. C. (2022). Chemical composition and great applications to the fruit of the pomegranate (*Punica granatum*): a review. *Food Science and Technology*, *42*. doi:10.1590/fst.29420
- Daher, D., Le Gourrierc, S., & Pérez-Lamela, C. (2017). Effect of High Pressure Processing on the Microbial Inactivation in Fruit Preparations and Other Vegetable Based Beverages. *Agriculture*, *7*(9), 72. doi:<https://doi.org/10.3390/agriculture7090072>
- De Medeiros Nóbrega, D. R., Lucena Santos, R., de Souza Coelho Soares, R., Muniz Alves, P., Dantas Medeiros, A. C., & Vieira Pereira, J. (2015). A Randomized, Controlled Clinical Trial on the Clinical and Microbiological Efficacy of *Punica granatum* Linn Mouthwash. *Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clínica Integrada*, *15*(1). Retrieved from <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63741065032>
- Delgado Olivares, L., Betanzos Cabrera, G., & Sumaya Martínez, M. T. (2010). Importancia de los antioxidantes dietarios en la disminución del estrés oxidativo. *Investigación y ciencia*, *18*(50), 10-15. doi:<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67415744003>
- Derakhshan, Z., Ferrante, M., Tadi, M., Ansari, F., Heydari, A., Hosseini, M. S., . . . Sadrabad, E. K. (2018). Antioxidant activity and total phenolic content of ethanolic extract of pomegranate peels, juice and seeds. *Food and Chemical Toxicology*, *114*, 108-111. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.02.023>
- El Kar, C., Ferchichi, A., Attia, F., & Bouajila, J. (2011). Pomegranate (*Punica granatum*) juices: chemical composition, micronutrient cations, and antioxidant capacity. *J Food Sci*, *76*(6), C795-800. doi:10.1111/j.1750-3841.2011.02211.x

- Elfalleh, W., Tlili, N., Ying, M., Sheng-Hua, H., Ferchichi, A., & Nasri, N. (2011). Organoleptic Quality, Minerals, Proteins and Amino Acids from Two Tunisian Commercial Pomegranate Fruits. *International Journal of Food Engineering*, 7(4). doi:doi:10.2202/1556-3758.2057
- Espín, J. C., Soler-Rivas, C., & Wichers, H. J. (2000). Characterization of the Total Free Radical Scavenger Capacity of Vegetable Oils and Oil Fractions Using 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl Radical. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(3), 648-656. doi:10.1021/jf9908188
- Esposito, S., Veneziani, G., Taticchi, A., Urbani, S., Selvaggini, R., Sordini, B., . . . Servili, M. (2021). Chemical Composition, Antioxidant Activity, and Sensory Characterization of Commercial Pomegranate Juices. *Antioxidants*, 10(9), 1381. doi:<https://doi.org/10.3390/antiox10091381>
- Evans, G. H., Shirreffs, S. M., & Maughan, R. J. (2009). Postexercise rehydration in man: the effects of osmolality and carbohydrate content of ingested drinks. *Nutrition*, 25(9), 905-913. doi:10.1016/j.nut.2008.12.014
- Faggio, C., Sureda, A., Morabito, S., Sanches-Silva, A., Mocan, A., Nabavi, S. F., & Nabavi, S. M. (2017). Flavonoids and platelet aggregation: A brief review. *European Journal of Pharmacology*, 807, 91-101. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2017.04.009>
- Fahmy, H., Hegazi, N., El-Shamy, S., & Farag, M. A. (2020). Pomegranate juice as a functional food: a comprehensive review of its polyphenols, therapeutic merits, and recent patents. *Food & Function*, 11(7), 5768-5781. doi:10.1039/D0FO01251C
- Farahmand, M., Golmakani, M. T., Mesbahi, G., & Farahnaky, A. (2017). Investigating the Effects of Large-Scale Processing on Phytochemicals and Antioxidant Activity of Pomegranate Juice. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41, 1-11. doi:<https://doi.org/10.1111/jfpp.12792>
- Feng, X., Yang, Q., Wang, C., Tong, W., & Xu, W. (2020). Punicalagin Exerts Protective Effects against Ankylosing Spondylitis by Regulating NF- $\kappa$ B-TH17/JAK2/STAT3 Signaling and Oxidative Stress. *BioMed Research International*, 2020(1), 4918239. doi:<https://doi.org/10.1155/2020/4918239>
- Fernandes, L., Pereira, J. A., López-Cortés, I., Salazar, D. M., & Ramalhosa, E. C. (2015). Physicochemical Changes and Antioxidant Activity of Juice, Skin, Pellicle and Seed of Pomegranate (cv. Mollar de Elche) at Different Stages of Ripening. *Food Technol Biotechnol*, 53(4), 397-406. doi:10.17113/ftb.53.04.15.3884
- Fountain, J. H., Kaur, J., & Lappin, S. L. (2023). *Physiology, Renin Angiotensin System*. In StatPearls (Ed.), *StatPearls*. doi:Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470410>
- Fuster-Muñoz, E., Roche, E., Funes, L., Martínez-Peinado, P., Sempere, J. M., & Vicente-Salar, N. (2016). Effects of pomegranate juice in circulating parameters, cytokines,

- and oxidative stress markers in endurance-based athletes: A randomized controlled trial. *Nutrition*, 32(5), 539-545. doi:<https://doi.org/10.1016/j.nut.2015.11.002>
- Gammelgaard, I., Wamberg, S., & Bie, P. (2006). Systemic effects of angiotensin III in conscious dogs during acute double blockade of the renin–angiotensin–aldosterone-system. *Acta Physiologica*, 188(2), 129-138. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.2006.01595.x>
- Ge, S., Duo, L., Wang, J., GegenZhula, Yang, J., Li, Z., & Tu, Y. (2021). A unique understanding of traditional medicine of pomegranate, *Punica granatum* L. and its current research status. *Journal of Ethnopharmacology*, 271, 113877. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.113877>
- Gil, M. I., Tomás-Barberán, F. A., Hess-Pierce, B., Holcroft, D. M., & Kader, A. A. (2000). Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. *J Agric Food Chem*, 48(10), 4581-4589. doi:10.1021/jf000404a
- Gironés-Vilaplana, A., Villano, D., Moreno, D. A., & Garcia-Viguera, C. (2013). New isotonic drinks with antioxidant and biological capacities from berries (maqui, açai and blackthorn) and lemon juice. *Int J Food Sci Nutr*, 64(7), 897-906.
- Gironés-Vilaplana, A., Villaño, D., Moreno, D. A., & García-Viguera, C. (2013). New isotonic drinks with antioxidant and biological capacities from berries (maqui, açai and blackthorn) and lemon juice. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 64(7), 897-906. doi:10.3109/09637486.2013.809406
- Gözlekçi, S., Saraçoğlu, O., Onursal, E., & Ozgen, M. (2011). Total phenolic distribution of juice, peel, and seed extracts of four pomegranate cultivars. *Pharmacogn Mag*, 7(26), 161-164. doi:10.4103/0973-1296.80681
- Guiné, R. d. P. F., & Barroca, M. J. (2014). Influence of processing and storage on fruit juices phenolic compounds. *International Journal of Medical and Biological Frontiers*, 20(1), 45-58. doi:<https://www.researchgate.net/publication/277197260>
- Gutierrez Acero, M. L. (2017). *Influencia de la inclusión de cáscara y pasteurización en la elaboración de un jugo de granada (punica granatum) variedad wonderful de Ite-Tacna*. (Engineering). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Lima Perú.
- Gutierrez-Pachego, S. L. (2015). Calida y capacidad antioxidante de salchichas de cerdo adicionadas con jugo y cascara de granada (*Punica granatum* L.).
- Heo, M., Faith, M. S., Pietrobelli, A., & Heymsfield, S. B. (2012). Percentage of body fat cutoffs by sex, age, and race-ethnicity in the US adult population from NHANES 1999–20041234. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 95(3), 594-602. doi:<https://doi.org/10.3945/ajcn.111.025171>

- Herceg, Z., Kovačević, D. B., Kljusurić, J. G., Jambrak, A. R., Zorić, Z., & Dragović-Uzelac, V. (2016). Gas phase plasma impact on phenolic compounds in pomegranate juice. *Food Chemistry*, *190*, 665-672. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.05.135>
- Hernández, P. L., Carrasco, G. M. S., Fernández, C. T. L., González, U. M. A., & Ortiz, P. A. (2021). Nutrición e hidratación en el deportista, su impacto en el rendimiento deportivo. *Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de la Salud Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, *9*(18). doi:10.29057/icsa.v9i18.6366
- Huang, T. H.-W., Peng, G., Kota, B. P., Li, G. Q., Yamahara, J., Roufogalis, B. D., & Li, Y. (2005). Pomegranate flower improves cardiac lipid metabolism in a diabetic rat model: role of lowering circulating lipids. *British Journal of Pharmacology*, *145*(6), 767-774. doi:<https://doi.org/10.1038/sj.bjp.0706245>
- Ilyasov, I. R., Beloborodov, V. L., Selivanova, I. A., & Terekhov, R. P. (2020). ABTS/PP Decolorization Assay of Antioxidant Capacity Reaction Pathways. *International Journal of Molecular Sciences*, *21*(3), 1131. doi:10.3390/ijms21031131
- Jankowski, V., Vanholder, R., van der Giet, M., Tölle, M., Karadogan, S., Gobom, J., . . . Jankowski, J. (2007). Mass-Spectrometric Identification of a Novel Angiotensin Peptide in Human Plasma. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, *27*(2), 297-302. doi:10.1161/01.ATV.0000253889.09765.5f
- Kalaycıoğlu, Z., & Erim, F. B. (2017). Total phenolic contents, antioxidant activities, and bioactive ingredients of juices from pomegranate cultivars worldwide. *Food Chemistry*, *221*, 496-507. doi:10.1016/j.foodchem.2016.10.084
- Kandyliş, P., & Kokkinomagoulos, E. (2020). Food Applications and Potential Health Benefits of Pomegranate and its Derivatives. *Foods*, *9*(2). doi:10.3390/foods9020122
- Khaksar, G., Assatarakul, K., & Sirikantaramas, S. (2019). Effect of cold-pressed and normal centrifugal juicing on quality attributes of fresh juices: do cold-pressed juices harbor a superior nutritional quality and antioxidant capacity? *Heliyon*, *5*(6), e01917. doi:<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01917>
- Khalifa, I., Zhu, W., Nafie, M. S., Dutta, K., & Li, C. (2020). Anti-COVID-19 Effects of Ten Structurally Different Hydrolysable Tannins through Binding with the Catalytic-Closed Sites of COVID-19 Main Protease: An In-Silico Approach. *Preprints*. doi:10.20944/preprints202003.0277.v1
- Khemakhem, M., Zarroug, Y., Jabou, K., Selmi, S., & Bouzouita, N. (2021). Physicochemical characterization of oil, antioxidant potential, and phenolic profile of seeds isolated from Tunisian pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars. *J Food Sci*, *86*(3), 852-859. doi:10.1111/1750-3841.15636
- Khoo, N. K., White, C. R., Pozzo-Miller, L., Zhou, F., Constance, C., Inoue, T., . . . Parks, D. A. (2010). Dietary flavonoid quercetin stimulates vasorelaxation in aortic vessels. *Free Radic Biol Med*, *49*(3), 339-347. doi:10.1016/j.freeradbiomed.2010.04.022

- Kirshenbaum, L. M., Benjamin, O., & Porat, R. (2016). Sensory and nutritional attributes of pomegranate juices extracted from separated arils and pressed whole fruits. *J Sci Food Agric*, 96(4), 1313-1318. doi:10.1002/jsfa.7224
- Kokkinomagoulos, E., Nikolaou, A., Kourkoutas, Y., & Kandyli, P. (2020). Evaluation of Yeast Strains for Pomegranate Alcoholic Beverage Production: Effect on Physicochemical Characteristics, Antioxidant Activity, and Aroma Compounds. *Microorganisms*, 8(10), 1583. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2076-2607/8/10/1583>
- Kostka, T., Ostberg-Potthoff, J. J., Briviba, K., Matsugo, S., Winterhalter, P., & Esatbeyoglu, T. (2020). Pomegranate (*Punica granatum* L.) Extract and Its Anthocyanin and Copigment Fractions—Free Radical Scavenging Activity and Influence on Cellular Oxidative Stress. *Foods*, 9(11), 1617. doi:10.3390/foods9111617
- Kumar, S., & Pandey, A. K. (2013). Chemistry and biological activities of flavonoids: an overview. *The Scientific World Journal*, 2013, 1-16. doi:10.1155/2013/162750
- Kurtz, A. (2012). Control of renin synthesis and secretion. *Am J Hypertens*, 25(8), 839-847. doi:10.1038/ajh.2011.246
- Laiz, M., & Sagasta, C. (2023). Análisis del estado de hidratación de atletas de diferentes disciplinas deportivas previo al inicio del entrenamiento. *Archivos de la Sociedad Chilena de Medicina del Deporte*, 68, 14-22. doi:10.59856/arch.soc.chil.med.deporte.v68i2.75
- Larrosa, M., Gil-Izquierdo, A., González-Rodríguez, L. G., Alférez, M. J. M., San Juan, A. F., Sánchez-Gómez, Á., . . . Domínguez, R. (2024). Nutritional Strategies for Optimizing Health, Sports Performance, and Recovery for Female Athletes and Other Physically Active Women: A Systematic Review. *Nutr Rev*. doi:10.1093/nutrit/nuae082
- Lavoro, A., Falzone, L., Gattuso, G., Salemi, R., Cultrera, G., Leone, G. M., . . . Libra, M. (2021). Pomegranate: A promising avenue against the most common chronic diseases and their associated risk factors (Review). *International Journal of Functional Nutrition*, 2(2), 6. doi:10.3892/ijfn.2021.16
- Lee, J., Durst, R. W., & Wrolstad, R. E. (2005). Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: collaborative study. *Journal of AOAC International*, 88(5), 1269-1278. doi:<https://doi.org/10.1093/jaoac/88.5.1269>
- León-López, A., Pérez-Marroquín, X. A., Campos-Lozada, G., Campos-Montiel, R. G., & Aguirre-Álvarez, G. (2020). Characterization of Whey-Based Fermented Beverages Supplemented with Hydrolyzed Collagen: Antioxidant Activity and Bioavailability. *Foods*, 9(8), 1106. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2304-8158/9/8/1106>

- Leopold, L., Leopold, N., Diehl, H., & Socaciu, C. (2011). Quantification of carbohydrates in fruit juices using FTIR spectroscopy and multivariate analysis. *Spectroscopy*, 26, 93-104. doi:10.1155/2011/285890
- Li, X., Wasila, H., Liu, L., Yuan, T., Gao, Z., Zhao, B., & Ahmad, I. (2015). Physicochemical characteristics, polyphenol compositions and antioxidant potential of pomegranate juices from 10 Chinese cultivars and the environmental factors analysis. *Food Chemistry*, 175, 575-584. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.12.003>
- Li, Y., Guo, C., Yang, J., Wei, J., Xu, J., & Cheng, S. (2006). Evaluation of antioxidant properties of pomegranate peel extract in comparison with pomegranate pulp extract. *Food Chemistry*, 96(2), 254-260. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.02.033>
- Liao, J. (2016). An Improved Ultrasonic-Assisted Extraction Method by Optimizing the Ultrasonic Frequency for Enhancing the Extraction Efficiency of Lycopene from Tomatoes. *Food analytical methods*, v. 9(no. 8), pp. 2288-2298-2016 v.2289 no.2288. doi:10.1007/s12161-016-0419-4
- Lopez, R. M., Lund, D. C., Tritsch, A. J., & Liebl, V. (2022). Relationship Between Pre- and Post-exercise Body Mass Changes and Pre-exercise Urine Color in Female Athletes. *Frontiers in Sports and Active Living*, 4. doi:10.3389/fspor.2022.791699
- López-Díaz, A., Rios-Corripio, M. A., Ramírez-Corona, N., López-Malo, A., & Palou, E. (2018). Effect of short wave ultraviolet radiation on selected properties of edible films formulated with pomegranate juice and chitosan. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 17(1), 63-73. doi:<https://rmiq.org/iqfvp/Numbers/V17/No1/Alim17.pdf>
- López-Mejía, O., López-Malo, A., & Palou, E. (2010). Granada (*Punica granatum* L.): Una fuente de antioxidantes de interés actual. *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos*, 4, 64-73.
- Mantilla, J., Morales, A., Alvarado, M., Guerra, M., & Chalem, P. (2001). Niveles de antioxidantes como parametro de actividad inflamatoria en la artritis reumatoidea. *Acta méd. colomb*, 143-148. Retrieved from <https://actamedicacolombiana.com/ojs/index.php/actamed/article/view/3809>
- Manzanares, J. (2015). Interpretación del análisis básico de orina en el deportista. *Medicina de Familia. SEMERGEN*, 41(7), 387-390. doi:10.1016/j.semerg.2014.07.013
- Maphetu, N., Unuofin, J. O., Masuku, N. P., Olisah, C., & Lebelo, S. L. (2022). Medicinal uses, pharmacological activities, phytochemistry, and the molecular mechanisms of *Punica granatum* L. (pomegranate) plant extracts: A review. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 153, 113256. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biopha.2022.113256>
- Margalef, M., Bravo, F. I., Arola-Arnal, A., & Muguerza, B. (2017). Natural Angiotensin Converting Enzyme (ACE) inhibitors with antihypertensive properties. *Natural*

- Products Targeting Clinically Relevant Enzymes*, 45-67. doi:10.1002/9783527805921.ch3
- Martín, J., & Asuero, A. G. (2021). High hydrostatic pressure for recovery of anthocyanins: Effects, performance, and applications. *Separation & Purification Reviews*, 50(2), 159-176. doi:10.1080/15422119.2019.1632897
- Martínez Carmona, M. d. C. (2018). Efectos de la granada (*Punica granatum* L.) en las enfermedades inflamatorias autoinmunes.
- Martínez-Montegudo, S. I., & Balasubramaniam, V. M. (2016). Fundamentals and Applications of High-Pressure Processing Technology. In V. M. Balasubramaniam, G. V. Barbosa-Cánovas, & H. L. M. Lelieveld (Eds.), *High Pressure Processing of Food: Principles, Technology and Applications* (pp. 3-17). New York, NY: Springer New York.
- Martyniak, A., & Tomasik, P. J. (2023). A New Perspective on the Renin-Angiotensin System. *Diagnostics*, 13(1), 16. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2075-4418/13/1/16>
- Mathias-Rettig, K., & Ah-Hen, K. (2014). El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Agro Sur*, 42, 57-66. doi:10.4206/agrosur.2014.v42n2-07
- McKenzie, A. L., Muñoz, C. X., & Armstrong, L. E. (2015). Accuracy of Urine Color to Detect Equal to or Greater Than 2% Body Mass Loss in Men. *J Athl Train*, 50(12), 1306-1309. doi:10.4085/1062-6050-51.1.03
- Mena, P., García-Viguera, C., Navarro-Rico, J., Moreno, D. A., Bartual, J., Saura, D., & Martí, N. (2011). Phytochemical characterisation for industrial use of pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars grown in Spain. *J Sci Food Agric*, 91(10), 1893-1906. doi:10.1002/jsfa.4411
- Mena, P., Gironés-Vilaplana, A., Martí, N., & García-Viguera, C. (2012). Pomegranate varietal wines: Phytochemical composition and quality parameters. *Food Chemistry*, 133(1), 108-115. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.12.079>
- Mirmiran, P., Bahadoran, Z., & Azizi, F. (2014). Functional foods-based diet as a novel dietary approach for management of type 2 diabetes and its complications: A review. *World journal of diabetes*, 5(3), 267. doi:10.4239/wjd.v5.i3.267
- Mo, F.-f., Lv, B.-h., An, T., Miao, J.-n., Liu, J.-x., Zhang, J., . . . Jiang, G.-j. (2019). Protective mechanism of punicalagin against endoplasmic reticulum stress in the liver of mice with type 2 diabetes mellitus. *Journal of Functional Foods*, 56, 57-64. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.03.006>
- Mo, Y., Ma, J., Gao, W., Zhang, L., Li, J., Li, J., & Zang, J. (2022). Pomegranate Peel as a Source of Bioactive Compounds: A Mini Review on Their Physiological Functions. *Front Nutr*, 9, 887113. doi:10.3389/fnut.2022.887113

- Moga, M. A., Dimienescu, O. G., Bălan, A., Dima, L., Toma, S. I., Bîgiu, N. F., & Blidaru, A. (2021). Pharmacological and Therapeutic Properties of Punica granatum Phytochemicals: Possible Roles in Breast Cancer. *Molecules*, 26(4), 1054. Retrieved from <https://www.mdpi.com/1420-3049/26/4/1054>
- Mohamadzadeh, M., Valizadeh, M., Hosseinpanah, F., Momenan, A., Mahdavi, M., Barzin, M., & Azizi, F. (2024). Comprehensive evaluation of body composition in a wide age range of Iranian adults using bioelectrical impedance analysis: Tehran Lipid and Glucose Study. *Public Health Nutrition*, 27(1), e24. doi:10.1017/S1368980023002835
- Montefusco, A., Durante, M., Migoni, D., De Caroli, M., Ilahy, R., Pék, Z., . . . Lenucci, M. S. (2021). Analysis of the Phytochemical Composition of Pomegranate Fruit Juices, Peels and Kernels: A Comparative Study on Four Cultivars Grown in Southern Italy. *Plants*, 10(11), 2521. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2223-7747/10/11/2521>
- Mosca, A., Menghi, L., Aprea, E., Mazzucotelli, M., Benedito, J., Zambon, A., . . . Gasperi, F. (2020). Effect of CO2 Preservation Treatments on the Sensory Quality of Pomegranate Juice. *Molecules*, 25. doi:10.3390/molecules25235598
- Mousavi, Z., Mousavi, S., Razavi, S., Emam-Djomeh, Z., & Kiani, H. (2011). Fermentation of pomegranate juice by probiotic lactic acid bacteria. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 27, 123-128. doi:10.1007/s11274-010-0436-1
- Mphahlele, R. R., Fawole, O. A., Mokwena, L. M., & Opara, U. L. (2016). Effect of extraction method on chemical, volatile composition and antioxidant properties of pomegranate juice. *South African Journal of Botany*, 103, 135-144. doi:<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2015.09.015>
- Núñez Sánchez, M. C., & Reyes Huarcaya, R. M. E. (2017). Importancia de diferenciar puntos de corte del IMC de acuerdo a la edad. *Nutrición hospitalaria*, 34, 1263-1263. Retrieved from [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0212-16112017000500033&nrm=iso](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112017000500033&nrm=iso)
- Ode, J. J., Pivarnik, J. M., Reeves, M. J., & Knous, J. L. (2007). Body Mass Index as a Predictor of Percent Fat in College Athletes and Nonathletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(3). Retrieved from [https://journals.lww.com/acsm-msse/fulltext/2007/03000/body\\_mass\\_index\\_as\\_a\\_predictor\\_of\\_percent\\_fat\\_in.2.aspx](https://journals.lww.com/acsm-msse/fulltext/2007/03000/body_mass_index_as_a_predictor_of_percent_fat_in.2.aspx)
- Olmedilla-Alonso, B., Granado-Lorenzo, F., de Ancos, B., Sánchez-Moreno, C., Martín-Belloso, O., Blanco, I., . . . Cano, M. P. (2022). Greater bioavailability of xanthophylls compared to carotenes from orange juice (high-pressure processed, pulsed electric field treated, low-temperature pasteurised, and freshly squeezed) in a crossover study in healthy individuals. *Food Chemistry*, 371, 130821. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130821>

- OMS. (2024). Hipertensión. Retrieved from [https://www.who.int/es/health-topics/hypertension#tab=tab\\_1](https://www.who.int/es/health-topics/hypertension#tab=tab_1)
- Orozco, J. C., Londoño, L. F., Jaramillo, A. M., & Patiño, G. (2020). Estudio de la bioaccesibilidad in vitro de zinc en arroz (*oryza sativa*) y su relación con el contenido de ácido fítico. *Revista chilena de nutrición*, *47*, 171-180. Retrieved from [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-75182020000200171&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182020000200171&nrm=iso)
- Ortiz, P. A., Carrasco, G. M. S., & Hernández, P. L. (2019). Importancia de los electrolitos y la hidratación en la actividad física. *Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de la Salud Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, *8*(15). doi:10.29057/icsa.v8i15.4822
- Ozkan, G., Kostka, T., Dräger, G., Capanoglu, E., & Esatbeyoglu, T. (2022). Bioaccessibility and transepithelial transportation of cranberrybush (*Viburnum opulus*) phenolics: Effects of non-thermal processing and food matrix. *Food Chem*, *380*, 132036. doi:10.1016/j.foodchem.2021.132036
- Palacín-Arce, A., Mariscal-Arcas, M., Monteagudo, C., Fernández de Alba-Sánchez, M., Gómez-Puerto, J., Ruiz-Verdeja, C., . . . Olea-Serrano, F. (2013). Análisis de bebidas que contribuyen a la hidratación de deportistas andaluces. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, *6*(1), 12-16. Retrieved from [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid;S1888-75462013000100004&Ing;es&tlng;en](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid;S1888-75462013000100004&Ing;es&tlng;en)
- Palleres, X. R., Bustamante, L. L., & Bascuñán, V. C. (2023). Nivel de hidratación y composición corporal en tenistas adolescentes chilenos. *Revista Peruana de ciencia de la actividad física y del deporte*, *10*(2), 1641-1654. Retrieved from <https://rpcafd.com/index.php/rpcafd/article/view/254>
- Pantiora, P. D., Balaouras, A. I., Mina, I. K., Freris, C. I., Pappas, A. C., Danezis, G. P., . . . Georgiou, C. A. (2023). The Therapeutic Alliance between Pomegranate and Health Emphasizing on Anticancer Properties. *Antioxidants*, *12*(1), 187. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2076-3921/12/1/187>
- Pinto, J., Spínola, V., Llorent-Martínez, E. J., Fernández-de Córdova, M. L., Molina-García, L., & Castilho, P. C. (2017). Polyphenolic profile and antioxidant activities of Madeiran elderberry (*Sambucus lanceolata*) as affected by simulated in vitro digestion. *Food Res Int*, *100*(Pt 3), 404-410. doi:10.1016/j.foodres.2017.03.044
- Plus, G. (2011). *La Fruta Granada Cultivada en España Punicalagina Antioxidante del Zumo de Granada y el Extracto de Granada en la Alimentación Funcional del Futuro: Granada Mollar Elche* (Vol. 1): GRANATUM PLUS.
- Ponce Gutiérrez, Y., Ponce Gutiérrez, A., Rodríguez León, A., & Cabrera García, K. (2014). Papel del estrés oxidativo en la patogénesis de la hipertensión arterial. *2014*, *6*(2), 12. Retrieved from <https://revcorsalud.sld.cu/index.php/cors/article/view/167>

- Ponce-Gutiérrez, Y., Ponce-Gutierrez, A., Rodríguez-León, A., & Cabrera-García, K. (2014). Papel del estrés oxidativo en la patogénesis de la hipertensión arterial. *CorSalud*, 6(2), 181-192. doi:<https://www.medigraphic.com/pdfs/corsalud/cor-2014/cor142h.pdf>
- Pranskuniene, Z., Belousoviene, E., Baranauskiene, N., Eimantas, N., Vaitkaitiene, E., Bernatoniene, J., . . . Pranskunas, A. (2020). Modulation of Endothelial Glycocalyx and Microcirculation in Healthy Young Men during High-Intensity Sprint Interval Cycling-Exercise by Supplementation with Pomegranate Extract. A Randomized Controlled Trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(12), 4405. Retrieved from <https://www.mdpi.com/1660-4601/17/12/4405>
- Priyanka, P., Sayed, H., Joshi, A., & Jadhav, B. (2013). Comparative evaluation of physico-chemical properties of two varieties of pomogranate fruits-Ganesh and Arakta. *African Journal of Food Science*, 7(11), 428-430. doi:<https://doi.org/10.5897/AJFS2013.1037>
- Putnik, P., Kresoja, Ž., Bosiljkov, T., Režek Jambrak, A., Barba, F. J., Lorenzo, J. M., . . . Bursać Kovačević, D. (2019). Comparing the effects of thermal and non-thermal technologies on pomegranate juice quality: A review. *Food Chemistry*, 279, 150-161. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.131>
- Quesada Leyva, L., León Ramentol, C. C., Betancourt Bethencourt, J., & Nicolau Pestana, E. (2016). Elementos teóricos y prácticos sobre la bioimpedancia eléctrica en salud. *Revista Archivo Médico de Camagüey*, 20, 565-578. Retrieved from [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1025-02552016000500014&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-02552016000500014&nrm=iso)
- Quiñones, M., Miguel, M., & Aleixandre, A. (2012). Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutrición hospitalaria*, 27(1), 76-89. doi:[https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0212-16112012000100009](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0212-16112012000100009)
- Ramaswamy, H. S., Zaman, S. U., & Smith, J. P. (2008). High pressure destruction kinetics of *Escherichia coli* (O157:H7) and *Listeria monocytogenes* (Scott A) in a fish slurry. *Journal of Food Engineering*, 87(1), 99-106. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.11.017>
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9), 1231-1237. doi:[https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3)
- Rios-Corripio, G., & Guerrero-Beltrán, J. (2019). Antioxidant and physicochemical characteristics of unfermented and fermented pomegranate (*Punica granatum* L.) beverages. *J Food Sci Technol*, 56(1), 132-139. doi:10.1007/s13197-018-3466-6

- Rodrigues, S. S. Q., Dias, L. G., & Teixeira, A. (2024). Emerging Methods for the Evaluation of Sensory Quality of Food: Technology at Service. *Current Food Science and Technology Reports*, 2(1), 77-90. doi:10.1007/s43555-024-00019-7
- Sabokbar, N., & Khodaiyan, F. (2016). Total phenolic content and antioxidant activities of pomegranate juice and whey based novel beverage fermented by kefir grains. *J Food Sci Technol*, 53(1), 739-747. doi:10.1007/s13197-015-2029-3
- SADER. (2018). La granada, dulce comienzo del otoño. Retrieved from <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/la-granada-dulce-comienzo-del-otono>
- San Miguel-Simbrón, J. L., Urteaga-Mamani, N. A., & Muñoz-Vera, M. (2020). Agua corporal total y composición corporal: Efecto del ejercicio de 30 minutos y rehidratación con agua en adultos residentes permanentes de gran altitud, La Paz-Bolivia. *Cuadernos Hospital de Clínicas*, 61, 33-46. Retrieved from [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1652-67762020000200005&nrm=iso](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1652-67762020000200005&nrm=iso)
- Santander-M, M., Osorio, O., & Mejía-E, D. (2017). Evaluación de propiedades antioxidantes y fisicoquímicas de una bebida mixta durante almacenamiento refrigerado. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 34(1), 84-97. doi:10.22267/rcia.173401.65
- Seyed Hashemi, M., Namiranian, N., Tavahen, H., Dehghanpour, A., Rad, Mohammad H., Jam-Ashkezari, S., . . . Hashempur, Mohammad H. (2021). Efficacy of Pomegranate Seed Powder on Glucose and Lipid Metabolism in Patients with Type 2 Diabetes: A Prospective Randomized Double-Blind Placebo-Controlled Clinical Trial. *Complementary Medicine Research*, 28(3), 226-233. doi:10.1159/000510986
- Sharif, M. K., Butt, M. S., Sharif, H. R., & Nasir, M. (2017). Sensory evaluation and consumer acceptability. *Handbook of food science and technology*, 10, 362-386.
- Shukla, M., Gupta, K., Rasheed, Z., Khan, K. A., & Haqqi, T. M. (2008). Consumption of hydrolyzable tannins-rich pomegranate extract suppresses inflammation and joint damage in rheumatoid arthritis. *Nutrition*, 24(7), 733-743. doi:<https://doi.org/10.1016/j.nut.2008.03.013>
- Silva, E. A., Portugal, M. M., Nunes, N. C., Pereira, V. S. C., Martinelli Braga, A. A. N., Abreu, G. E., . . . Barroso, U. (2024). The applicability of the urine color scale in pediatric urology. *Journal of Pediatric Urology*, 20(4), 695.e691-695.e696. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jpuro.2024.06.033>
- Spínola, V., Llorent-Martínez, E. J., & Castilho, P. C. (2018). Antioxidant polyphenols of Madeira sorrel (*Rumex maderensis*): How do they survive to in vitro simulated gastrointestinal digestion? *Food Chem*, 259, 105-112. doi:10.1016/j.foodchem.2018.03.112

- Stockton, A., Farhat, G., McDougall, G. J., & Al-Dujaili, E. A. S. (2017). Effect of pomegranate extract on blood pressure and anthropometry in adults: a double-blind placebo-controlled randomised clinical trial. *Journal of Nutritional Science*, 6, e39. doi:10.1017/jns.2017.36
- Stowe, C. B. (2011). The effects of pomegranate juice consumption on blood pressure and cardiovascular health. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 17(2), 113-115. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2010.09.004>
- Studdy, P. R., Lapworth, R., & Bird, R. (1983). Angiotensin-converting enzyme and its clinical significance--a review. *Journal of Clinical Pathology*, 36(8), 938. doi:10.1136/jcp.36.8.938
- Suručić, R., Travar, M., Petković, M., Tubić, B., Stojiljković, M. P., Grabež, M., . . . Škrbić, R. (2021). Pomegranate peel extract polyphenols attenuate the SARS-CoV-2 S-glycoprotein binding ability to ACE2 Receptor: In silico and in vitro studies. *Bioorganic Chemistry*, 114, 105145. doi:<https://doi.org/10.1016/j.bioorg.2021.105145>
- Swithinkbank, L., Hashim, H., & Abrams, P. (2005). The effect of fluid intake on urinary symptoms in women. *The Journal of Urology*, 174(1), 187-189. doi:<https://doi.org/10.1097/01.ju.0000162020.10447.31>
- Teniente, S. L., Flores-Gallegos, A. C., Esparza-González, S. C., Campos-Múzquiz, L. G., Nery-Flores, S. D., & Rodríguez-Herrera, R. (2023). Anticancer Effect of Pomegranate Peel Polyphenols against Cervical Cancer. *Antioxidants*, 12(1), 127. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2076-3921/12/1/127>
- Tewari, S., Sehrawat, R., Nema, P. K., & Kaur, B. P. (2017). Preservation effect of high pressure processing on ascorbic acid of fruits and vegetables: A review. *Journal of Food Biochemistry*, 41(1), e12319. doi:<https://doi.org/10.1111/jfbc.12319>
- Tezcan, F., Gültekin-Özgüven, M., Diken, T., Özçelik, B., & Erim, F. B. (2009). Antioxidant activity and total phenolic, organic acid and sugar content in commercial pomegranate juices. *Food Chemistry*, 115(3), 873-877. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.12.103>
- Tian, J., Cheng, F., Yun, Y., Yi, J., Cai, S., & Zhou, L. (2023). Characterization of the flavor, sensory quality and in vitro bioaccessibility in cloudy pomegranate juice treated by high pressure and thermal processing. *J Sci Food Agric*, 103(2), 666-679. doi:10.1002/jsfa.12178
- Torres, Á., Lebed, M., Arcia, P., Curutchet, A., & Cozzano, S. (2020). De residuo industrial a ingrediente funcional: el potencial de la cáscara de granada. *Innotec*(19), 76-96. doi:10.12461/19.04

- Torrico, D. D., Mehta, A., & Borssato, A. B. (2023). New methods to assess sensory responses: a brief review of innovative techniques in sensory evaluation. *Current Opinion in Food Science*, 49, 100978. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cofs.2022.100978>
- Valdés Miramontes, E. H., Virgen-Carrillo, C. A., Martínez Moreno, A. G., Pineda-Lozano, J. E., & Fonseca-Bustos, V. (2019). Efecto del jugo de granada (*Punica Granatum*) sobre patrones conductuales de ingesta en ratas con diabetes inducida. *Acta universitaria*, 29.
- Van Impe, J., Smet, C., Tiwari, B., Greiner, R., Ojha, S., Stulić, V., . . . Režek Jambrak, A. (2018). State of the art of nonthermal and thermal processing for inactivation of micro-organisms. *J Appl Microbiol*, 125(1), 16-35. doi:10.1111/jam.13751
- Vardin, H., & Fenercioğlu, H. (2003). Study on the development of pomegranate juice processing technology: clarification of pomegranate juice. *Food/nahrung*, 47(5), 300-303. doi:<https://doi.org/10.1002/alimentos.200390070>
- Vargas Vargas, R. A., Varela Millán, J. M., & Fajardo Bonilla, E. (2022). Renin–angiotensin system: Basic and clinical aspects—A general perspective. *Endocrinología, Diabetes y Nutrición (English ed.)*, 69(1), 52-62. doi:<https://doi.org/10.1016/j.endien.2022.01.005>
- Vega-García, C. C., & García-Niño, W. R. (2022). Efectos benéficos de los compuestos antioxidantes de la granada (*Punica granatum L.*) en patologías asociadas con el estrés oxidante. *Tequío*, 5(15), 67-94. doi:<https://doi.org/10.53331/teq.v5i15.4612>
- Vega-Pérez, R., Ruiz-Hurtado, K. E., Macías-González, J., García-Peña, M. D., & Torres-Bugarín, O. (2016). Impacto de la nutrición e hidratación en el deporte. *El residente*, 11(2), 81-87.
- Wang, D., Özen, C., Abu-Reidah, I. M., Chigurupati, S., Patra, J. K., Horbanczuk, J. O., . . . Atanasov, A. G. (2018). Vasculoprotective Effects of Pomegranate (*Punica granatum L.*). *Front Pharmacol*, 9. doi:10.3389/fphar.2018.00544
- Wang, T., He, F., & Chen, G. (2014). Improving bioaccessibility and bioavailability of phenolic compounds in cereal grains through processing technologies: A concise review. *Journal of Functional Foods*, 7. doi:10.1016/j.jff.2014.01.033
- Xue, B., Zhang, Z., Roncari, C. F., Guo, F., & Johnson, A. K. (2012). Aldosterone Acting Through the Central Nervous System Sensitizes Angiotensin II-Induced Hypertension. *Hypertension*, 60(4), 1023-1030. doi:10.1161/HYPERTENSIONAHA.112.196576
- Yang, X., Ding, H., Luo, S., Sun, X., Wang, N., & Wang, Y. (2022). Comparison of high hydrostatic pressure and thermal processing on microorganisms and quality of anthocyanin-rich fruit puree. *Frontiers in Food Science and Technology*, 2, 911283. doi:10.3389/frfst.2022.911283

- Yugandhar, V. G., & Clark, M. A. (2013). Angiotensin III: A physiological relevant peptide of the renin angiotensin system. *Peptides*, 46, 26-32. doi:<https://doi.org/10.1016/j.peptides.2013.04.014>
- Zahed, N., Esmailzadeh Kenari, R., & Farahmandfar, R. (2023). Effect of different extraction methods on antioxidant properties and encapsulation efficiency of anthocyanin of pomegranate peel. *Food Sci Nutr*, 11(7), 3780-3787. doi:10.1002/fsn3.3362
- Zarfeshany, A., Asgary, S., & Javanmard, S. H. (2014). Potent health effects of pomegranate. *Adv Biomed Res*, 3, 100. doi:10.4103/2277-9175.129371
- Zhao, J., Qi, X., Li, J., Cao, Z., Liu, X., Yu, Q., . . . Qin, G. (2023). Metabolic Profiles of Pomegranate Juices during Fruit Development and the Redirection of Flavonoid Metabolism. *Horticulturae*, 9(8), 881. doi:<https://doi.org/10.3390/horticulturae9080881>
- Zhao, X., & Yuan, Z. (2021). Anthocyanins from pomegranate (*Punica granatum* L.) and their role in antioxidant capacities in vitro. *Chemistry & Biodiversity*, 18(10), e2100399. doi:<https://doi.org/10.1002/cbdv.202100399>

## 11 ANEXOS

## Anexo 1 Publicación de artículo científico



Article

## Effects of Hyperbaric (Non-Thermal) Sanitization and the Method of Extracting Pomegranate Juice on Its Antioxidant and Antihypertensive Properties

Gieraldin Campos-Lozada <sup>1</sup>, Jonathan Hernández-Miranda <sup>2</sup>, Leonardo del Valle-Mondragón <sup>3</sup>, Araceli Ortiz-Polo <sup>4</sup> , Gabriel Betanzos-Cabrera <sup>4</sup> and Gabriel Aguirre-Álvarez <sup>1,5,\*</sup>

- <sup>1</sup> Institute of Agricultural Sciences, University Autonomous of Hidalgo State, Av. Universidad No. 133, Col. San Miguel Huatengo, Santiago Tulantepec C.P. 43775, Hidalgo, Mexico; ca409778@uaeh.edu.mx  
<sup>2</sup> Elviruch S.A. de C.V. Parque Industrial, Avenida Coatepec 520 ISB, Bodega 35C, San Bartolomé Coatepec, Huixquilucan de Degollado C.P. 52770, Mexico; jonathanhernandezm93@gmail.com  
<sup>3</sup> Departamento de Farmacología, Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez, Juan Badiano No. 1 Col. Sección 16, Tlalpan, Ciudad de México C.P. 14080, Mexico; leonardo.delvalle@cardiologia.org.mx  
<sup>4</sup> Instituto de Ciencias de la Salud, Área de Nutrición, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Ex Hacienda la Concepción s/n. Carr. Pachuca-Tilcuautla, Tilcuautla C.P. 42060, Hidalgo, Mexico; araceli\_ortiz4208@uaeh.edu.mx (A.O.-P.); gbetanzo@uaeh.edu.mx (G.B.-C.)  
<sup>5</sup> Uni-Collagen S.A. de C.V., Arnulfo González No. 203, El Paraíso, Tulancingo C.P. 43684, Hidalgo, Mexico  
 \* Correspondence: aguirre@uaeh.edu.mx; Tel.: +52-7751459265



**Citation:** Campos-Lozada, G.; Hernández-Miranda, J.; del Valle-Mondragón, L.; Ortiz-Polo, A.; Betanzos-Cabrera, G.; Aguirre-Álvarez, G. Effects of Hyperbaric (Non-Thermal) Sanitization and the Method of Extracting Pomegranate Juice on Its Antioxidant and Antihypertensive Properties. *Antioxidants* **2024**, *13*, 1009. <https://doi.org/10.3390/antiox13081009>

Academic Editor:  
Alessandra Napolitano

Received: 13 July 2024  
Revised: 12 August 2024  
Accepted: 17 August 2024  
Published: 19 August 2024



**Copyright:** © 2024 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

**Abstract:** Pomegranate (*Punica granatum* L.) is considered a functional food due to its polyphenol content that benefits the body. The type of processing the fruit undergoes is important, as this also influences the concentrations of these compounds. The pomegranate juice was extracted by two methods: manual extraction using a manual juicer through heat treatment in a water bath (Man-P), and extraction through mechanical pressing using Good Nature X-1 equipment and hyperbaric sanitization (Mech-Hyp). Bromatological analyses showed significant differences ( $p \leq 0.05$ ) between the two treatments. When subjected to hyperbaric sanitization, the juice showed higher concentrations of moisture, soluble solids, protein, and carbohydrates. In an antioxidant analysis, the ABTS radical showed no significant difference in the treatments, with 96.99% inhibition. For the DPPH radical, the sample with the highest inhibition was Man-P with 98.48%. The determination of phenols showed that there was a higher concentration in juice that underwent pasteurization (104.566 mg GAE/mL). However, the Mech-Hyp treatment exhibited a minor concentration of phenols with 85.70 mg GAE/mL. FTIR spectra revealed that the functional groups were mainly associated with carbohydrates. Regarding ACE inhibition, it was observed that the Man-P and Mech-Hyp juices showed greater inhibition of enzyme in hypertensive patients compared to normotensive patients. This activity can be attributed to the mechanisms of action of antioxidant compounds. Both extraction methods manual and mechanical pressing resulted in increased antioxidant and antihypertensive activity. The antioxidant compounds accompanied by adequate sanitation were decisive in an antimicrobial analysis, since no pathogenic microorganisms were observed in the juices.

**Keywords:** pomegranate juice; hyperbaric sanitization; antioxidants; phenols; flavonoids; anthocyanins; ACE

### 1. Introduction

The pomegranate (*Punica granatum* L.) belongs to the Lythraceae family and is a small tree with deciduous leaves. Its fruit is considered a berry with a hard shell (pericarp) containing seeds, each of them surrounded by fleshy and juicy pulp (arils) which in turn is attached to a soft and spongy tissue (mesocarp). Once cut, the fruit does not continue to ripen, so it is a non-climacteric fruit [1]. Mexico produces 6800 tons of pomegranate per year [2]. It is mainly produced in Hidalgo, Morelos, and Oaxaca, and the season in

Anexo 2 Constancia 1er foro Multidisciplinario de Investigación “Desarrollo e Innovación”  
y Congreso Multidisciplinario Internacional de Ingenierías.



CMII-FMI  
2024

UNIVERSIDAD DE  
GUANAJUATO



A través del Campus de Celaya Salvatierra, de la División de Ciencias de la Salud e Ingenierías y del Departamento de Ingeniería Agroindustrial

Otorgan la presente

# CONSTANCIA

a

Gieraldin Campos-Lozada, Jonathan Hernández-Miranda, Leonardo del Valle-Mondragón, Araceli Ortis-Polo, Gabriel Betanzos-Cabrera y Gabriel Aguirre-Álvarez

por haber presentado el trabajo en modalidad oral  
Extracción y caracterización de jugo de granada por método manual para analizar sus propiedades antioxidantes y antihipertensivas  
en el marco del  
1er. FORO MULTIDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN  
"DESARROLLO E INNOVACIÓN"  
y CONGRESO MULTIDISCIPLINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍAS 2024, realizado en el Campus Celaya-Salvatierra en la Ciudad de Celaya, Guanajuato del 14 al 18 de octubre. Esta constancia avala 25 horas crédito.  
"La Verdad Os Hará Libres"  
Celaya, Guanajuato 14 de octubre del 2024

Dr. José  Gutiérrez Villalobos  
Director de Departamento de  
Ingeniería Agroindustrial

Anexo 3 Congreso Academia Mexicana de Investigación y Docencia en Ingeniería Química A. C.



Academia Mexicana de Investigación y Docencia en Ingeniería Química A.C.



50 años  
Casa abierta al tiempo  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

La Academia Mexicana de Investigación y  
Docencia en Ingeniería Química A. C.

Otorga el presente

**RECONOCIMIENTO**

a:

**Gieraldin Campos-Lozada, Arely León-López, Antonio de Jesús Cenobio-Galindo, Araceli Ortiz-Polo, Jonathan Hernández-Miranda, Gabriel Aguirre-Álvarez**

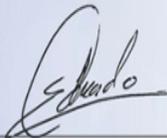
Por la presentación del trabajo

**EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE JUGO DE GRANADA MEDIANTE DOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN: TRADICIONAL Y PENSADO EN FRÍO**

En el área de **INGENIERÍA DE ALIMENTOS** en modalidad **CARTEL**

ID:94

Presentado en el XLV Encuentro Nacional de la AMIDIQ  
La Inteligencia Artificial en la Ingeniería Química: Pasado, Presente y Futuro,  
realizado en Ixtapa - Zihuatanejo, Guerrero, México del 07 al 10 de mayo de 2024



Dr. Eduardo Salvador Pérez Cisneros  
Presidente  
Comité Organizador UAM



Dra. Nelly Ramírez Corona  
Presidenta  
Consejo Directivo de la AMIDIQ



Dr. Jesús Alberto Ochoa Tapia  
Presidente  
Comité Técnico

## Anexo 4 Estancia Doctoral en Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza



Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza  
Ingeniería en Industrias Alimentarias IIAL

Ciudad Lázaro Cárdenas, Puebla, **15/diciembre/2023**

### A QUIEN CORRESPONDA

La que suscribe Dra. Arely León López, docente investigador del Instituto Superior de Venustiano Carranza ITSVC, me dirijo a Usted para hacer de su conocimiento que la **M.C. Gieraldin Campos Lozada**, estudiante del 5° semestre del Doctorado en Ciencias Agropecuarias, con **número de cuenta 409778**, ha **CONCLUIDO SATISFACTORIEMNETE** su estancia doctoral, cubriendo las actividades programadas dentro del periodo de la misma.

Sin otro particular, por el momento y en espera de que la presente sirva para su fin, me despido de usted.

### A T E N T A M E N T E

*Calidad, Ciencia e Innovación para el Desarrollo y Crecimiento de la Nación.*

**DRA. ARELY LEÓN LÓPEZ**  
**PROFESOR INVESTIGADOR DEL ÁREA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**  
**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE VENUSTIANO CARRANZA**



Ave. Tecnológico s/n Col. El Huasteco, Ciudad Lázaro Cárdenas, Venustiano Carranza, Pue., C.P.73049 Tels. (746)8435753 y 8436628 Ext. 17, e-mail: vinculacion@itsvc.edu.mx



## Anexo 5 Formato prueba sensorial de nivel de agrado



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo  
Prueba sensorial de nivel de agrado



Fecha \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ Sexo: F  M

**Instrucciones:** Frente a usted se encuentra 3 muestras previamente codificadas, comience a evaluar (de izquierda a derecha). Por favor tome agua entre cada muestra. Posteriormente indique con una x que tanto le gusta la muestra.

Código de muestra 104

Atributo	Nivel de agrado					¿Por qué?
Color	Me gusta mucho <input type="checkbox"/>	Me gusta <input type="checkbox"/>	Ni me gusta, ni me disgusta <input type="checkbox"/>	No me gusta <input type="checkbox"/>	Me disgusta mucho <input type="checkbox"/>	
Olor	Me gusta mucho <input type="checkbox"/>	Me gusta <input type="checkbox"/>	Ni me gusta, ni me disgusta <input type="checkbox"/>	No me gusta <input type="checkbox"/>	Me disgusta mucho <input type="checkbox"/>	
Sabor	Me gusta mucho <input type="checkbox"/>	Me gusta <input type="checkbox"/>	Ni me gusta, ni me disgusta <input type="checkbox"/>	No me gusta <input type="checkbox"/>	Me disgusta mucho <input type="checkbox"/>	
Textura	Me gusta mucho <input type="checkbox"/>	Me gusta <input type="checkbox"/>	Ni me gusta, ni me disgusta <input type="checkbox"/>	No me gusta <input type="checkbox"/>	Me disgusta mucho <input type="checkbox"/>	
Retrogusto	Me gusta mucho <input type="checkbox"/>	Me gusta <input type="checkbox"/>	Ni me gusta, ni me disgusta <input type="checkbox"/>	No me gusta <input type="checkbox"/>	Me disgusta mucho <input type="checkbox"/>	

Código de muestra 325

Atributo	Nivel de agrado					¿Por qué?
Color	Me gusta mucho <input type="checkbox"/>	Me gusta <input type="checkbox"/>	Ni me gusta, ni me disgusta <input type="checkbox"/>	No me gusta <input type="checkbox"/>	Me disgusta mucho <input type="checkbox"/>	
Olor	Me gusta mucho <input type="checkbox"/>	Me gusta <input type="checkbox"/>	Ni me gusta, ni me disgusta <input type="checkbox"/>	No me gusta <input type="checkbox"/>	Me disgusta mucho <input type="checkbox"/>	
Sabor	Me gusta mucho <input type="checkbox"/>	Me gusta <input type="checkbox"/>	Ni me gusta, ni me disgusta <input type="checkbox"/>	No me gusta <input type="checkbox"/>	Me disgusta mucho <input type="checkbox"/>	
Textura	Me gusta mucho <input type="checkbox"/>	Me gusta <input type="checkbox"/>	Ni me gusta, ni me disgusta <input type="checkbox"/>	No me gusta <input type="checkbox"/>	Me disgusta mucho <input type="checkbox"/>	
Retrogusto	Me gusta mucho <input type="checkbox"/>	Me gusta <input type="checkbox"/>	Ni me gusta, ni me disgusta <input type="checkbox"/>	No me gusta <input type="checkbox"/>	Me disgusta mucho <input type="checkbox"/>	

¡Gracias por su participación!

*Anexo 6 Manual de intervención en deportistas y Dictamen de aceptación de comité de ética de la UAEH*

A continuación, se anexa el link correspondiente a la carpeta que contiene los documentos del Manual de la intervención en deportistas y dictamen de aceptación de comité de ética de la UAEH:

[https://drive.google.com/drive/folders/1tV5pSXqy8VKU6Y3uc6qpPJSzftZUUFq?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/drive/folders/1tV5pSXqy8VKU6Y3uc6qpPJSzftZUUFq?usp=drive_link)