



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA



Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño

**“CARACTERIZACIÓN DEL VALOR NUTRICIONAL Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE
SUBPRODUCTOS VINÍCOLAS PARA SU INCLUSIÓN EN EL SECTOR ACUÍCOLA”**

TESIS

Que para obtener el grado de:

Licenciado en Ingeniería en Nanotecnología

Presenta:

JAZMÍN DEL CARMEN RUIZ PÉREZ

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA NOVIEMBRE 2024



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO
CAMPUS ENSENADA



**"CARACTERIZACIÓN DEL VALOR NUTRICIONAL Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE
SUBPRODUCTOS VINÍCOLAS PARA SU INCLUSIÓN EN EL SECTOR ACUÍCOLA"**

TESIS

PARA CUBRIR LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA OBTENER EL TÍTULO DE

Licenciado en Ingeniería en Nanotecnología

PRESENTA

**JAZMIN DEL CARMEN RUIZ PEREZ
00358594**

A quien el Comité de Tesis autoriza el trabajo terminal, después de haber efectuado una revisión minuciosa del mismo y de acuerdo con el Art. 19 del R.G.E.P.E.P, las y los señores profesores emiten los siguientes votos aprobatorios mediante rubrica:

**DR. EMYR SAÚL PEÑA
MARIN
DIRECTOR**

**DR. GUILLERMO AMAYA
PARRA
CODIRECTOR**

**DRA. ANNY BERENISSE
SÁNCHEZ GARAYZAR
SINODAL**

**DRA. HAYDEE LÓPEZ
RODRÍGUEZ
SINODAL**

**DRA. MARÍA TERESA
VIANA CASTRILLÓN
SINODAL**

"Por la Realización Plena del Ser"

RESUMEN

En este estudio se realizó la evaluación del valor nutricional y el potencial antioxidante de seis cepas de subproductos de uva regionales destinados a la producción de vino tinto (Cabernet Sauvignon, Merlot, Nebbiolo, Petit Verdot, Syrah y Zinfandel), así como su efecto dietario sobre la capacidad antioxidante en músculo de camarón alimentados con subproductos Cabernet Sauvignon. La relevancia de este estudio radica en la necesidad de obtener información detallada sobre la composición proximal y el potencial bioactivo de estos subproductos, con el propósito de integrarlos eficazmente en el sector de alimentos acuícolas por su actividad antioxidante. Este enfoque no solo apunta a reducir el impacto ambiental de los residuos generados, sino también a fomentar la sustentabilidad ambiental y la economía circular en la región por medio de la revalorización de los subproductos vinícolas. Los objetivos específicos de esta investigación abarcan la cuantificación precisa del contenido de proteína, lípidos y cenizas, así como la cuantificación de polifenoles totales y la actividad antioxidante de los subproductos productos derivados de la uva. Se determinó la actividad antioxidante muscular de camarones alimentados durante 60 días con diferentes concentraciones de subproductos dietarios. Se presenta una revisión bibliográfica de los avances del uso de subproductos vinícolas en el sector acuícola mundial. Los resultados indican una concentración diferencial de polifenoles totales, actividad antioxidante y valor nutricional entre las seis cepas de subproductos de uva evaluadas, aparte de corroborar el potencial antioxidante a partir de la acumulación de polifenoles totales en músculo de camarón blanco, *Litopenaeus vannamei* alimentado con subproductos de Cabernet Sauvignon. Efecto que le confiere también una mayor actividad antioxidante muscular. Con estos datos se corrobora el potencial alto del uso de subproductos vinícolas en dietas para organismos del sector acuícola, lo que sustenta las bases de la economía circular y sostenibilidad a partir de la utilización eficiente y sostenible a través del tiempo, de estos recursos en la industria local.

Palabras clave: subproductos, bioeconomía circular, compuestos fenólicos, actividad antioxidante.

ABSTRACT

This study evaluated the nutritional value and antioxidant potential of six strains of regional grape by-products for red wine production (Cabernet Sauvignon, Merlot, Nebbiolo, Petit Verdot, Syrah and Zinfandel), as well as their dietary effect on the antioxidant capacity in shrimp muscle fed with Cabernet Sauvignon by-products. The relevance of this study lies in the need to obtain detailed information on the proximal composition and bioactive potential of these by-products, with the purpose of effectively integrating them into the aquafeed sector for their antioxidant activity. This approach not only aims to reduce the environmental impact of the waste generated, but also to promote environmental sustainability and the circular economy in the region through the revaluation of wine by-products. The specific objectives of this research include the precise quantification of protein, lipid and ash content, as well as the quantification of total polyphenols and the antioxidant activity of grape by-products. The muscle antioxidant activity of shrimp fed for 60 days with different concentrations of dietary by-products was determined. A bibliographic review of the advances in the use of grape by-products in the world aquaculture sector is presented. The results indicate a differential concentration of total polyphenols, antioxidant activity and nutritional value among the six strains of grape by-products evaluated, besides corroborating the antioxidant potential from the accumulation of total polyphenols in white shrimp muscle, *Litopenaeus vannamei* fed with Cabernet Sauvignon by-products. This effect also confers a greater muscle antioxidant activity. These data corroborate the high potential for the use of wine by-products in diets for organisms in the aquaculture sector, which supports the bases of the circular economy and sustainability based on the efficient and sustainable use over time of these resources in the local industry.

Keywords: *Grape pomace, circular economy, phenolic compounds, antioxidant activity.*

DEDICATORIA

A mi madre, mi confidente y guía de vida. Por ser el ejemplo más puro de amor, perseverancia y fortaleza. Gracias por cada consejo, por escucharme en mis momentos de duda y por estar siempre a mi lado, sin importar la circunstancia. Este logro es el resultado de tu apoyo incondicional y de todo lo que me has enseñado con tu ejemplo de vida.

A mi padre, por su constante presencia y respaldo en cada paso de mi camino. Aunque no siempre lo expresamos con palabras, sé que en tus acciones hay un amor profundo y sincero. Gracias por brindarme seguridad, por estar ahí cuando más lo he necesitado y por dar siempre lo mejor de ti para que mis metas fueran posibles. Este logro también es un reflejo de tu dedicación y esfuerzo.

A mi hermana, mi amiga, confidente y compañera de vida. Desde siempre hemos sido un equipo, un refugio mutuo en las tormentas y una fuente de alegría en los días felices. Tu amor y apoyo incondicional son fundamentales para mí. Este logro no sería posible sin ti.

A mis amigos, quienes han sido mi apoyo incondicional en cada paso de este camino. Por sus risas, consejos y por no dejarme rendir. Este logro es también de ustedes, porque cada palabra de aliento y cada momento compartido me han ayudado a llegar hasta aquí.

AGRADECIMIENTOS

A la FIAD-UABC , mi alma mater, mi más sincero agradecimiento por ser el lugar donde comenzó mi formación profesional. Cada recurso, lección y espacio brindado fueron esenciales para construir el camino que culmina en este proyecto.

A los distinguidos académicos de esta institución, mi admiración y gratitud por su compromiso con la enseñanza. Su dedicación no solo transforma vidas, sino que también inspira a soñar más alto ya esforzarse por alcanzarlo.

Al IIO-LINDEAACUA , gracias por abrirme sus puertas y brindarme el apoyo necesario para materializar este trabajo. Cada herramienta, consejo y oportunidad en sus instalaciones fue clave en este proceso académico.

A mi director, el Dr. Emyr Saúl Peña Marín , mi mentor y guía, gracias por creer en mí y por compartir su conocimiento con generosidad y paciencia. Su apoyo y confianza fueron luz en los momentos más complejos de este proyecto.

A mi codirector, el Dr. Guillermo Amaya Parra , gracias por su constante disposición y sus valiosos consejos. Su compromiso y ejemplo como profesional fueron una inspiración para superar cada desafío.

A mi comité evaluador: la Dra. María Teresa Viana , la Dra. Anny Berenisse Sánchez y la Dra. Haydee López Rodríguez , mi profundo agradecimiento por su tiempo y dedicación. Sus aportes enriquecieron este proyecto de manera invaluable.

A los profesores que marcaron mi camino, especialmente al Dr. Jorge Octavio Mata Ramírez , el Dr. Rubén César Villarreal Sánchez , el Dr. Hugo Alejandro Borbón Núñez y la Dra. Eunice Vargas Viveros , gracias por inspirarme, retomarme y ser modelos de excelencia académica y humana.

A la MCGI Aurora Tinajero Chávez ya cada persona que compartió este camino en el laboratorio, gracias por su apoyo, disposición y colaboración. Su compañía hizo de este proceso algo más enriquecedor y llevadero.

A la vida, por las lecciones y desafíos que me llevaron hasta aquí. Cada obstáculo y logro han sido piezas fundamentales de este viaje.

A mi madre, mi confidente y guía de vida, cuyo amor y perseverancia me han inspirado a no rendirme nunca. Gracias por ser mi fortaleza y mi refugio en todo momento.

A mi padre, por su constante apoyo y presencia. Gracias por ser una guía silenciosa pero firme en mi vida y por estar ahí en cada paso importante.

A mi hermana, mi compañera de vida y amiga incondicional. Gracias por ser ese faro que ilumina mi camino y por tu amor constante, que siempre me impulsa a dar lo mejor de mí.

A Sol , mi fiel compañera en las largas noches de trabajo. Tu amor incondicional fue un consuelo en esta ardua etapa.

A mis mejores amigas, Analili y Michelle , por ser mi refugio en los momentos difíciles y mis cómplices en las celebraciones. Su amistad ha sido un pilar esencial en mi vida.

A Cristian , por su nobleza y apoyo inquebrantable. Tu presencia ha sido un regalo invaluable durante este proceso.

Finalmente, a mí misma, por no rendirme, por enfrentar cada desafío con valentía y por poner el corazón en cada paso de este proyecto. Hoy celebro no solo este logro, sino también el esfuerzo, la dedicación y el crecimiento que me han traído hasta aquí.

“Por la realización plena del ser”

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	11
2. JUSTIFICACIÓN	15
3. MARCO TEÓRICO	16
3.1 Antioxidantes	16
3.2 Funciones biológicas	16
3.3 Tipos de antioxidantes	18
3.4 Fuentes naturales de antioxidantes	18
4. ANTECEDENTES	21
5. HIPÓTESIS	25
6. OBJETIVO GENERAL	26
6.1. Objetivos específicos	26
7. METODOLOGÍA	28
7.1. Obtención de subproductos vinícolas	28
7.2. Cuantificación de polifenoles totales	28
7.2.1 Extracción de polifenoles totales	28
7.2.2. Determinación de polifenoles totales por la técnica de Folin-Ciocalteu	29
7.3. Determinación de capacidad antioxidante	30
7.3.1. Preparación de soluciones	30
7.3.2. Técnica ABTS en harina de GPF	31
7.4. Análisis de valor nutricional	32
7.4.1. Determinación de humedad	32
7.4.2. Determinación de ceniza	32
7.4.3. Determinación de proteína cruda	32
7.4.4. Determinación de grasa cruda	34
7.5. Evaluación in vivo de GPF dietario con camarones	34
7.5.1 Preparación de dietas	34
7.5.2 Acondicionamiento dietario	35
7.5.3. Cuantificación de polifenoles totales y actividad antioxidante	36
7.6. Análisis de estadísticas	36
8. RESULTADOS	37
10. CONCLUSIÓN	53
11. REFERENCIAS	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema del proceso de producción de vino y obtención de GP. Modificado de ¿Cómo Es El Proceso de Elaboración Del Vino?, 2024).	12
Figura 2. Distribución de los principales compuestos bioactivos en los componentes del grape pomace fermentado (GPF). (López Astorga et al., 2023).....	13
Figura 3. Regresión polinomial polifenoles totales en músculo de camarón (<i>Litopenaeus vannamei</i>) alimentado con diferentes niveles de GP de Cabernet Sauvignon.	41
Figura 4. Regresión polinomial de la actividad antioxidante ABTS en músculo de camarón (<i>Litopenaeus vannamei</i>) alimentado con diferentes niveles de GP de Cabernet Sauvignon.	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ingredientes utilizados para la elaboración de dietas experimentales con diferentes porcentajes de inclusión de GP para camarón blanco <i>Litopenaeus vannamei</i>	35
Tabla 2. Concentración de polifenoles totales en Mosto, GP fermentado y harina de GP de seis cepas de uva de la región del Valle de Guadalupe, Ensenada, B.C.	38
Tabla 3. Actividad antioxidante de harina de GP de las seis cepas de uva de la región del Valle de Guadalupe, Ensenada, B.C.	39
Tabla 4. Composición proximal de harina de GP de seis cepas de uva de la región del Valle de Guadalupe, Ensenada, B.C.	40
Tabla 5. Trabajos realizados evaluando el efecto de polifenoles de la uva adicionados en dietas de organismos acuáticos.	43

1. INTRODUCCIÓN

Las principales regiones productoras de uva para vino en México son Aguascalientes, Baja California, Coahuila, Guanajuato, Querétaro y Zacatecas, donde se utilizan alrededor de 80 variedades de uvas, de las cuales la mitad se utiliza principalmente para la elaboración de vinos. En la última década, el consumo de vino mexicano ha aumentado un 20% (SIAP, 2022). En este sentido, la región de Ensenada en la península de Baja California desarrolla un papel fundamental en la viticultura del país. La industria vitivinícola en Baja California comenzó en 1888 con la siembra de uvas importadas al Valle de Santo Tomás, y en 1928, Angelo Cetto inició la producción de vinos de calidad en el Valle de Guadalupe, estableciendo la empresa vitivinícola más grande de México. Posteriormente, en 1932, el presidente Abelardo L. Rodríguez adquirió las Bodegas de Santo Tomás, marcando un auge en la industria vitivinícola (Carvajal & Aulcy, 2017).

La elaboración del vino es un proceso semi artesanal que comienza con el cultivo de la vid y culmina con el embotellado del producto final. El proceso comienza con la cosecha de las uvas, su transporte a la bodega, donde se inicia la vinificación. Durante el despalillado y estrujado se obtienen como residuos los racimos, tallos, hojas y otros restos vegetales. Posteriormente, comienza la fermentación alcohólica. Luego, es prensado para obtener el mosto, que es el jugo utilizado para hacer el vino. En esta etapa se genera el orujo de uva (grape pomace), comúnmente abreviado como GP por sus siglas en inglés y es considerado un subproducto. El mosto es almacenado en tanques de acero inoxidable o barricas de madera, donde fermenta con la ayuda de levaduras. Durante este proceso, el azúcar del mosto se convierte en alcohol, y la temperatura y la duración de la fermentación son controladas cuidadosamente para asegurar la calidad del vino. Una vez finalizada la fermentación alcohólica, el vino puede pasar a la fermentación maloláctica, donde se suavizan los ácidos presentes, mejorando su perfil de sabor. Después de esta etapa, el vino se traslada a barricas para su maduración, proceso que permite desarrollar complejidades en aroma y sabor, influenciado por la interacción con la madera. Finalmente, antes de ser embotellado, el vino pasa por un filtrado para eliminar las lías y cualquier impureza. Este cuidadoso proceso de elaboración asegura que el producto final sea de la más alta calidad, listo para ser disfrutado, como se esquematiza en la Figura 1 (Puerta, 2002).

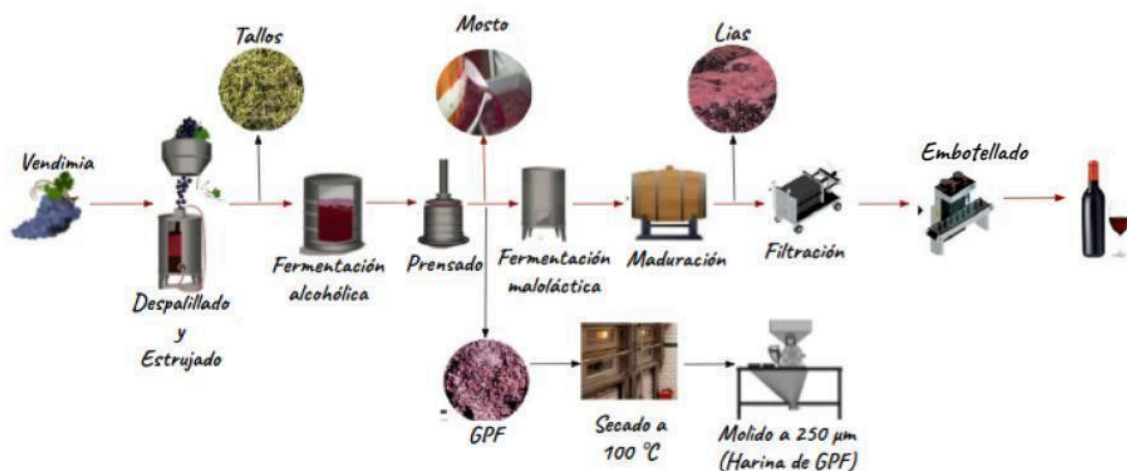


Figura 1. Esquema del proceso de producción de vino y obtención de grape pomace fermentado (GPF) y harina de GPF. Modificado de ¿Cómo Es El Proceso de Elaboración Del Vino?, (2024)

El grape pomace fermentado (GPF) está constituido por piel, semillas, tallos y restos de pulpa de uva y representa entre el 10 y 20% en unidades de peso fresco de la uva procesada en la elaboración del vino, oscilando su contenido en semillas entre un 20-30% en función de la cepa. Por su parte, el tallo es el elemento leñoso del racimo de uva que sirve de soporte para las uvas. En unidades de peso fresco, este subproducto representa entre el 8 y el 12% del racimo. Ambos residuos vitivinícolas son muy heterogéneos, presentando cada uno de ellos una composición propia que, a su vez depende de la cepa de uva, ubicación, condiciones climáticas, fertilización, suelo, periodos de las cosechas, entre otros factores (Rubio García, 2018).

En la Figura 2 se presenta la distribución de los principales compuestos bioactivos en los componentes del GPF, gran parte de su valor radica en la cepa con compuestos fenólicos altos. El contenido de éstos en el GPF ha sido reportado en un rango de 1.115 a 7.475 g de ácido gálico (GAE) /100 g de GPF (Chakka & Babu, 2022).

Aunado a lo anterior, el GPF posee nutrientes como carbohidratos, fibras, minerales y vitaminas. La fibra dietética es uno de los componentes más destacados del GPF, resaltando la fibra dietética insoluble como la celulosa, hemicelulosa y lignina, que representan entre el 26 y el 78% del

GPF. Además de la fibra dietética soluble en agua, que incluye β -glucanos, pectinas y gomas, que constituyen aproximadamente entre el 9 y el 11% del orujo. Entre las vitaminas encontramos vitamina C, un antioxidante natural y compuesto termolábil. Diversos estudios han registrado un contenido de vitamina C en el GP que varía entre 4.90 a 26.25 mg/100 g de GP (Brighenti et al., 2017; Chakka & Babu, 2022).

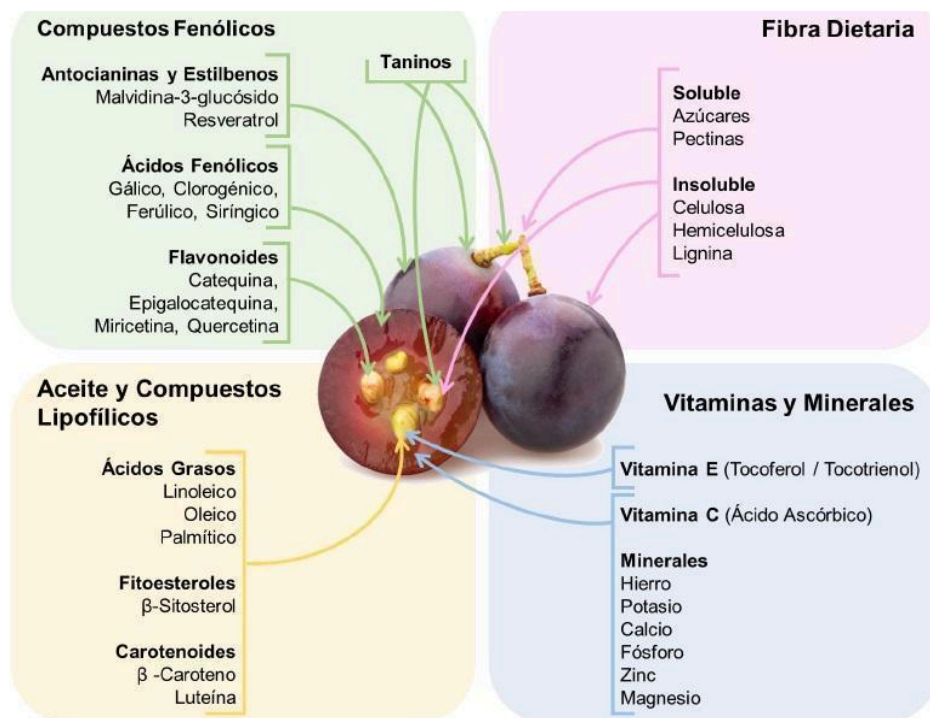


Figura 2. Distribución de los principales compuestos bioactivos en los componentes del grape pomace fermentado (GPF). (López Astorga et al., 2023)

De acuerdo con lo anterior, existe una gran cantidad de residuos de desecho del sector vinícola y en la actualidad no se cuenta con un manejo integral de estos residuos en el estado de Baja California. Como parte de los objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas para el Desarrollo (ONU), existen una serie de lineamientos para definir el desarrollo sustentable de diferentes áreas. Lo que genera la necesidad de evaluar de manera integral el valor nutricional, la actividad antioxidante y la viabilidad de uso de los residuos vinícolas en industrias diversas de

diferentes sectores regionales, que en gran medida mitigarán el impacto ambiental y al mismo tiempo incentivar la economía circular (Objetivos de Desarrollo Sostenible, 2015).

2. JUSTIFICACIÓN

Los subproductos vinícolas son generados en grandes cantidades durante los procesos de vinificación, los cuales no son utilizados en su totalidad. Algunos son usados como fertilizante de los suelos, pero al no contar con un manejo adecuado, son considerados desechos. Sin embargo, estos subproductos representan una valiosa fuente de compuestos bioactivos y compuestos nutricionales. Por lo cual, el estudiar a profundidad estos subproductos nos permitirá obtener información precisa sobre su composición y potencial bioactivo, así como conocer la variabilidad entre diferentes cepas de uva para fabricación de vino tinto y con ello proponer estrategias para su aplicación en diversas industrias de Baja California. En este sentido, el aprovechar eficientemente estos subproductos no solo reducirá el impacto ambiental que estos desperdicios generan, sino que también promoverá la sostenibilidad ambiental y la economía circular en la región.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Antioxidantes

Un antioxidante es una sustancia que protege a los compuestos de la oxidación. A nivel celular, los antioxidantes actúan sobre el daño causado por los radicales libres, los cuales son moléculas inestables que tienen en su estructura uno o más electrones no apareados producidos durante el proceso de oxidación en el metabolismo. Los antioxidantes pueden prevenir o retrasar ciertos tipos de daños a las células a partir de contrarrestar los efectos negativos de las especies químicas reactivas en las funciones fisiológicas normales. Los antioxidantes pueden ser encontrados en una amplia variedad de alimentos, encontrándose también como suplementos dietéticos (Monsen, 2000; Coronado H et al., 2015; Crosa, 2021).

3.2 Funciones biológicas

Los radicales libres, caracterizados por sus electrones desapareados, son altamente reactivos y esenciales en la formación de otros radicales en una reacción en cadena, lo que amplifica su capacidad de propagación y potencial de daño. Tienen una vida media extremadamente breve, de sólo microsegundos, pero su capacidad de reacción es tal que un sólo radical libre puede impactar hasta 1,000,000 de moléculas a lo largo de su reacción en cadena. Estas moléculas reactivas forman parte de las especies reactivas de oxígeno (EROs), conocidas en inglés como Reactive Oxygen Species (ROS), y se liberan continuamente durante procesos metabólicos esenciales como la respiración celular y la respuesta inflamatoria (Valko et al., 2006 ; Birben et al., 2012; Halliwell & Gutteridge, 2015) .

Dentro de las células, los antioxidantes juegan un papel crucial en la defensa contra los radicales libres, al neutralizar estas especies antes de que causen daño irreversible. Este proceso de neutralización es vital, ya que los radicales libres pueden oxidar y dañar componentes celulares fundamentales como el ácido desoxirribonucleico (ADN), proteínas y lípidos, lo que afecta su funcionalidad y puede llevar a la disfunción celular e incluso a la apoptosis. A nivel subcelular, los

antioxidantes también protegen a las mitocondrias, orgánulos esenciales encargados de la producción de energía en forma de adenosín trifosfato (ATP). Esta protección es crítica, ya que las mitocondrias son particularmente vulnerables al ataque de ROS debido a su papel en la cadena respiratoria y su proximidad a las fuentes de producción de radicales libres (Avello & Suwalsky, 2006).

Los compuestos antioxidantes presentes en el GP, como los polifenoles, antocianinas y proantocianidinas, son especialmente efectivos en la neutralización de los ROS. Estos compuestos no sólo bloquean la propagación de radicales libres, sino que también estimulan la expresión de enzimas antioxidantes endógenas como superóxido dismutasa (SOD) y catalasa, fortaleciendo las defensas celulares y contribuyendo a la protección contra el estrés oxidativo (Chakka et al., 2022; Costa Pérez, 2024). Costa Pérez (2024) y Almazán Olivero et al. (2024) indican que estos compuestos bioactivos no solo tienen propiedades antioxidantes, sino que también ofrecen beneficios adicionales para la salud. Entre éstos, se incluye su capacidad para reducir el riesgo de enfermedades crónicas, como las cardiovasculares, mediante la mejora del perfil lipídico y la reducción de la inflamación, así como el su potencial anticancerígeno a través de la inhibición de la proliferación celular en líneas tumorales. También, actúan como agentes antidiabéticos al inhibir la absorción de glucosa y como agentes antiinflamatorios al proteger las estructuras celulares contra el estrés oxidativo y el daño crónico (Vilaplana et al., 2007; Coronado H et al., 2015; Almazán Olivero et al., 2024).

Esta actividad antioxidante y el amplio espectro de beneficios para la salud resaltan el valor de los compuestos del GP en la prevención de enfermedades relacionadas con el envejecimiento celular y el daño oxidativo (Almazán Olivero et al., 2024; Costa Pérez, 2024).

3.3 Tipos de antioxidantes

Los antioxidantes los encontramos en distintas categorías. Entre ellas se encuentran las vitaminas antioxidantes como la vitamina A: existen dos fuentes, la vitamina A “preformada” (retinoides) y la “provitamina” A (carotenoides) (Rodríguez, 2020). Así como el ácido ascórbico (vitamina C) y vitamina E (tocoferoles y tocotrienoles). Los carotenoides (luteína, zeaxantina y licopeno), los polifenoles (flavonoides, no flavonoides), así como minerales antioxidantes como el selenio (Se), zinc (Zn), cobre (Cu), magnesio (Mg) y hierro (Fe) (Vilaplana, 2007; Crosa, 2021; Del Atrio, 2024; National Geographic España, 2024).

Los polifenoles, son compuestos orgánicos que contienen múltiples grupos fenol en su estructura química y son clasificados de manera general en flavonoides y no flavonoides. Los grupos fenol son anillos aromáticos con un grupo hidroxilo (-OH) unido a ellos. Los compuestos flavonoides tienen un esqueleto químico que consta de tres porciones: dos anillos aromáticos y un anillo heterocíclico oxigenado (C6-C3-C6) y existen seis subgrupos, donde encontramos flavonas, flavanonas, flavanoles, flavonoles, antocianinas e isoflavonas. Los compuestos no flavonoides incluyen a las moléculas más sencillas, como los ácidos fenólicos con esqueletos químicos de seis carbonos (C6), ligados o no con esqueletos de dos hasta cuatro carbonos (C6-C4) en donde se encuentran fenoles simples, benzoquinonas, ácidos fenólicos, acetogeninas, ácido hidroxicinámico, naftoquinonas, estilbenos y taninos hidrolizables (unidades de GAE y elágico unidos a carbohidratos) (Vazquez Flores et al., 2012; Alara et al., 2021; Del Atrio, 2024).

3.4 Fuentes naturales de antioxidantes

Las fuentes de antioxidantes naturales incluyen frutas, verduras, frutos secos, semillas, hierbas, especias, té verde, semillas de chía, brócoli, nueces, espinacas, pimientos y zanahorias, entre muchos otros (Castromonte et al., 2020). Entre los productos más consumidos que contienen vitamina E se encuentran el aguacate, aceite de oliva, arroz integral y frutas secas. Con vitamina C se

encuentran acelgas, tomates (licopeno), todos los cítricos como limón, naranja, mandarina, kiwi, fresa, arándanos, frambuesas, bayas de goji y guayaba. Con β -caroteno, se encuentran zanahoria, espinacas, mango y melón. Con flavonoides, el té verde, uva, manzana y peras. Sin embargo, existen otras fuentes de antioxidantes como el ajo, cebolla, ginseng, ginkgo, avena, sauco, hierbabuena, menta, albahaca, jamaica, chaya, calabaza, betabel y verdolagas. Entre las anteriores, el tomate tiene una cantidad moderada de antioxidantes y el noni una cantidad elevada (Avello et al., 2006; Zapata et al., 2007; Coronado et al., 2015; Castromonte et al., 2020)

En la industria alimentaria, muchas frutas se destinan a la producción de jugos y, en algunos casos, mermeladas, utilizando solo la pulpa y desechando la cáscara y las semillas. Del mismo modo, los vegetales se utilizan principalmente para salsas o cremas, desechando la piel, semillas, hojas y tallos, así como las frutas o verduras descartadas por no cumplir con los estándares de calidad. Una de las fuentes naturales de antioxidantes que se consideran residuos o subproductos es la cáscara de cítricos. Las cáscaras de naranjas, limones y pomelos contienen altas cantidades de antioxidantes, como la vitamina C, flavonoides y limonoides (Ordaz et al., 2022).

Otra fuente de antioxidantes provenientes de residuos es el aceite de oliva virgen extra. Durante la extracción del aceite de oliva, se generan subproductos como el orujo de oliva, que contiene una cantidad significativa de antioxidantes, como los polifenoles. Durante el procesamiento del café, se generan subproductos como la cáscara, la pulpa y la cascarilla, que representan una fuente importante de nutrientes. Estudios anteriores han demostrado que contienen compuestos fenólicos, ácidos fenólicos y flavonoides con actividad antioxidante (Fonseca et al., 2014). Los frutos secos también generan subproductos ricos en antioxidantes, como la cáscara y el erizo de la castaña, el involucreo de avellana, el pericarpio de la nuez, las hojas derivadas de la producción del nogal, y los restos de cizallado de chapa de eucalipto. También existen residuos de la producción de vino, como las semillas y la piel de las uvas, que son ricos en antioxidantes, como los flavonoides y el resveratrol. Así mismo, la pulpa de frutas y verduras que generalmente se descarta, también es una fuente de antioxidantes. Por ejemplo, la pulpa de tomate contiene licopeno, un poderoso antioxidante que puede

ser utilizado en la industria alimentaria y de suplementos (Fonseca et al., 2014; Fernández, 2021; Terán Riviera et al., 2023; National Geographic España, 2024).

4. ANTECEDENTES

En los últimos años ha crecido el interés por encontrar formas efectivas de reutilizar y valorizar el GPF. Principalmente por la creciente necesidad de generar procesos sustentables, asociado a la generación de economía circular a través de la búsqueda de alternativas a los recursos tradicionales, lo que ha generado gran variedad de investigaciones y aplicaciones en distintas industrias.

La búsqueda del uso de GPF data de los años 1600 en donde los jesuitas de España, Italia y Alemania desarrollaron la industria alimentaria, utilizando este subproducto para la elaboración de aguardiente, licores y otras bebidas destiladas (Edible Santa Barbara, 2019; Silva et al., 2000).

Las propiedades de los compuestos bioactivos que presenta el GPF poseen la capacidad de disminuir la oxidación de lípidos (Venkitasamy et al., 2019). En este sentido, un estudio in vitro de simulación gastrointestinal enfocado en la formulación de yogur enriquecido con harina de GPF muestra el aumento de la capacidad antioxidante, aumento en la aceptación sensorial, así como la capacidad de mejorar las condiciones para la supervivencia de potenciales probióticos (Almanza Oliveros et al., 2024).

En la industria de nanotecnología se han realizado películas de quitosano y nanocristales de celulosa comestibles con extractos de GPF, demostrando que genera propiedades antioxidantes, aumentando la vida de anaquel de los productos (Yu et al., 2017). Otras investigaciones demuestran que la impregnación de fibras de yute natural extracto de GPF (de la cepa de Petit Verdot), generan un embalaje eficiente en términos de conservación de alimentos, demostrando capacidad antibacteriana contra *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa* (Cejudo Bastante et al., 2021).

En la industria farmacéutica se ha reportado que los extractos de GPF presentan propiedades anticancerígenas, mostrando inhibición de la proliferación de líneas celulares de carcinoma de pulmón humano (A549), adenocarcinoma de mama humano (MDA-MB-231) y melanoma murino B164A5, lo

cual fue correlacionado con los polifenoles identificados en estos extractos (por ejemplo, isoquercitrina y quercetol) (Balea et al., 2020). Estudios de los efectos del GPF en la dieta de ratas jóvenes muestran que no existe un peso corporal negativo, Sin embargo, sí genera efectos en los niveles de triglicéridos, lipoproteínas, colesterol y glucosa en sangre, así como modifica la expresión de genes hepáticos asociados con el metabolismo de los lípidos. Estos estudios indican que el consumo regular de una dieta con GPF puede ayudar a reducir la acumulación de grasa corporal y con ello prevenir la obesidad (Yu et al., 2017).

Otro estudio en ratas evalúa el efecto de la ingesta de GPF a largo plazo (mezcla de cepas Cabernet Sauvignon, Marselan y Syrah) sobre la microbiota intestinal, demostrando que después de 14 meses, la ingesta de GPF modula selectivamente la microbioma intestinal hacia un fenotipo saludable, incrementando la abundancia relativa de *Bifidobacterium sp.*, *Lactobacillus sp.* y *Bacteroides sp.*, así como una disminución de *Clostridium sp.* (Chacar et al., 2019).

En ratones con hígado graso no alcohólico se ha evaluado el efecto dietario de un 5% de extracto de GPF durante 6 semanas sobre la esteatosis hepática (hígado graso) y la inflamación asociada, en donde los resultados demostraron que se redujo la acumulación de lípidos en el hígado graso y disminuyó la expresión de genes relacionados con la inflamación hepática (Spinei & Oroian, 2021).

En la industria cosmética se realizan estudios con la eficiencia de antienvjecimiento a través del uso de subproductos de GPF. Por lo que a partir de ensayos de cultivos celulares se ha demostrado una alta actividad antioxidante similar al butilhidroxitolueno (BHT) por su alto contenido de fenoles. Su utilización en estos ensayos demostró su seguridad, al no existir toxicidad, incluso en altas concentraciones, sin causar cambios morfológicos en las células. Por lo anterior, se concluyó que el GPF posee actividad antioxidante alta, demostrando ser una materia prima apta para la fabricación de cosméticos (Maluf et al., 2018). Aunado a lo anterior, se ha demostrado que el GPF es capaz de inhibir la actividad de la colagenasa y la elastasa (Wittenauer et al., 2015) lo cual influye en cuidado del colágeno y elastina que forma parte de la piel.

Otra aplicación del GPF es en la industria textil, ya que está asociado a propiedades protectoras contra los rayos UV. Esto se ha comprobado a partir de teñir varios tipos de fibras tanto naturales como sintéticas, las cuales mejoran su capacidad protectora después del tratamiento con extracto de GPF (Baaka et al., 2018). También se han evaluado las propiedades colorimétricas y de solidez que posee el GPF en distintas telas, determinando que el cambio de color aumenta durante todas las condiciones de extracción, ayudando a que los colores obtenidos en las telas fueran uniformes (Lagoa et al., 2019).

En el área de biocombustibles se ha demostrado la viabilidad de la utilización de GPF mediante fermentación con sólidos para la producción de bioetanol a partir del GPF y remolachas, con un nueve por ciento en peso de eficiencia. También se encontró que la adición de partículas de madera al GPF aumenta la producción de etanol (Rodríguez et al., 2010). Otros estudios demuestran el potencial de GPF para la formación de bioenergía mediante pirólisis y la fermentación (Madadian et al., 2022). En este sentido, GPF también puede ser utilizado como biocombustible sólido en tecnologías de combustión, demostrando ser una opción viable con un contenido de carbono y poder calorífico comparable a otros biocombustibles sólidos convencionales. Con la ventaja de que la combustión de GPF produce emisiones menores de contaminantes atmosféricos en comparación a otras fuentes (Cholewiński et al., 2017; Madadian et al., 2022), lo que reduce en gran medida las emisiones de gases de efecto invernadero de CO_2 y óxidos de nitrógeno (NOx) durante la combustión (Malat'ák et al., 2022).

Otra aplicación de GPF es en la eliminación de micronutrientes (Zn, manganeso (Mn), cobre (Cu) y hierro (Fe)) de aguas residuales debido a su capacidad adsorbente, en donde su incorporación en perlas de alginato mejora su eficiencia y manejo (Perez Ameneiro et al., 2013). Por otro lado, se ha demostrado también que GPF presenta capacidad biosorbente eficaz en la absorción de cromo (Cr) y micotoxinas para su separación en suspensiones acuosas, así como para el desarrollo de carbones activados como adsorbentes de bajo costo para la separación de metales pesados de aguas residuales (Tamer et al., 2019).

La utilización de GPF para alimentación animal es mencionada en el libro de Charles Cornevin, “Des Residus Industriels Dans L'alimentation Du Betail”, publicado en 1892 en París, donde este residuo era ya utilizado como forraje (Edible Santa Barbara, 2019). El GPF es una fuente alternativa de fibra y nutrientes para la alimentación de rumiantes como ovejas y corderos, donde su utilización en forma de ensilaje es viable, denotando un buen perfil de azúcares y fibras residuales, lo que sugiere su potencial como un recurso alimenticio sostenible en épocas de escasez (Massaro et al., 2022). En este sentido, se ha evaluado la digestibilidad in vitro ruminal y digestibilidad intestinal de nutrientes, donde se ha demostrado que la adición o combinación de este subproducto representa una valiosa fuente de energía y proteína para rumiantes (Molina Alcaide et al., 2008).

El uso de antibióticos en prácticas ganaderas intensivas ha contribuido a la selección y propagación de genes de resistencia a los antimicrobianos, por lo cual la búsqueda de aditivos para controlar patógenos e incrementar sistema inmune en animales de producción es imperativo, donde el uso de GPF en producción animal ha demostrado capacidad alta para controlar patógenos y promover especies bacterianas beneficiosas en el intestino (Hassan et al., 2019).

Considerando todos los antecedentes mencionados, queda claro que los subproductos vinícolas presentan un amplio potencial de uso, reforzando la necesidad de realizar investigación básica y aplicada para la gestión de uso en diferentes industrias. Así mismo contribuir en la disminución del impacto ambiental, y la activación de la economía circular en el estado de Baja California u otras regiones vinícolas del país. En este sentido, la producción animal es un sector de amplia importancia, ya que da sustento a los requerimientos alimenticios de una población en crecimiento. Por otro lado, el sector acuícola presenta un crecimiento alto en comparación a otros sistemas pecuarios de producción, lo que genera tanto la necesidad de la producción de alimentos específicos, como la búsqueda de nuevos insumos y suplementos dietarios que permitan generar alimentos sostenibles.

5. HIPÓTESIS

Si se caracteriza el valor nutricional, el contenido de polifenoles totales y la actividad antioxidante de diferentes cepas de subproductos de uva regionales para fabricación de vino tinto, así como su efecto dietario sobre la actividad antioxidante en músculo de camarón, entonces se validará el potencial bioactivo para su utilización en la industria de los alimentos acuícolas.

6. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el valor antioxidante y valor nutricional en seis cepas de subproductos de uva regionales para fabricación de vino tinto provenientes de las cepas de Cabernet Sauvignon, Merlot, Nebbiolo, Petit Verdot, Syrah y Zinfandel, así como su efecto antioxidante en músculo de camarones alimentados con diferentes niveles de GPF de Cabernet Sauvignon.

6.1. Objetivos específicos

1. Cuantificar el contenido de polifenoles totales presentes en mosto, GPF y harina de GPF de seis cepas de subproductos de uva (Cabernet Sauvignon, Merlot, Nebbiolo, Petit Verdot, Syrah y Zinfandel) para determinar la variación de concentración entre cepas de uvas regionales.
2. Determinar la actividad antioxidante de polifenoles totales presentes en la harina de GPF de seis cepas de subproductos de uva (Cabernet Sauvignon, Merlot, Nebbiolo, Petit Verdot, Syrah y Zinfandel) para determinar la variación del potencial bioactivo antioxidante entre cepas de uvas regionales.
3. Cuantificar el contenido de proteína, lípidos y cenizas en harina de GPF de seis cepas de subproductos de uva (Cabernet Sauvignon, Merlot, Nebbiolo, Petit Verdot, Syrah y Zinfandel) para evaluar la variación en su valor nutricional.
4. Evaluar la concentración de polifenoles totales y la actividad antioxidante en músculo de camarón alimentado con dietas experimentales con diferentes concentraciones (0, 1, 2.5 y 5%) de harina de GPF Cabernet Sauvignon.

5. Realizar una revisión bibliográfica de los conocimientos y avances generados en el uso de subproductos de GPF dietario en la industria acuícola.

7. METODOLOGÍA

7.1. Obtención de subproductos vinícolas

El mosto y el GPF fueron donados por la vinícola Solar Fortún, ubicada en el Sauzal de Rodríguez, Ensenada, Baja California, con viñedos en el Valle de Guadalupe. Se recolectaron seis cepas de GPF el mismo día del prensado de uva previamente macerada y fermentada, específicamente para la fabricación de los vinos tintos tipo Cabernet Sauvignon (CS), Merlot (M), Nebbiolo (N), Petit Verdot (PV), Syrah (S) y Zinfandel (Z).

Los subproductos fueron transportados al laboratorio de investigación y desarrollo de alimentos para la acuicultura (LINDEAACUA) del Instituto de Investigaciones Oceanológicas (IIO-UABC), en donde el mosto fue congelado a -80 °C en un crío congelador (SYMPHONY) para su posterior análisis. El GPF se guardó en un congelador vertical (Whirlpool WHM 4611) y el resto fue secado en un horno de convección (EXTRU-TECH Dryer IV 4800) a 100 °C durante una hora. Para su posterior procesamiento en un molino de martillo con criba de 250 micras y almacenado como harina en costales. Se guardaron de tres maneras distintas: mosto, GPF y harina de GPF hasta que fueron analizados y usados.

7.2. Cuantificación de polifenoles totales

7.2.1 Extracción de polifenoles totales

En el caso del mosto, no fue necesario llevar a cabo un proceso de extracción, este se utilizó directamente en el método de cuantificación. Se llevó a cabo una dilución (1:50), donde se utilizaron 980 µl de agua destilada y 20 µl de muestra para entrar en el rango de absorción.

En el caso de GPF, fue triturado en un molino (molino de molienda Quaker City Straub modelo 4-E 115 v.), mientras que la harina de GPF, ya se encontraba en polvo para su proceso.

Para el proceso de extracción en GPF y harina de GPF, se pesó 1 g de muestra en un tubo falcón y agregaron 5 mL de agua destilada y 5 mL de metanol (1:1). Esta mezcla se agitó durante 24 hr (MULTI-MIXER, 4600), después fue filtrada con ayuda de papel filtro grado 1 (Whatman) y finalmente se pasó a la centrifuga (centrifuga 5702 R) a 10,000 rpm durante 10 min a 4°C y el sobrenadante o extracto fue utilizado para la cuantificación de los polifenoles (Ordoñez et al., 2019).

7.2.2. Determinación de polifenoles totales por la técnica de Folin-Ciocalteu

Se determinó la concentración de polifenoles totales de acuerdo con la técnica de Folin-Ciocalteu (Lowry et al., 1951) modificada por Noble y Bailey (2009), utilizando dodecilsulfato sódico (SDS, por sus siglas en inglés) para incrementar su solubilidad y por ende incrementar la sensibilidad, a través de aumentar la velocidad y estabilidad resultante de la formación del color. La solución de Folin-Ciocalteu se obtuvo de fuente comercial (Sigma F-9253 al 2 N), se utilizó al 20%, y para ello utilizamos 10 mL de reactivo de Fenol Folin-Ciocalteu y 40 mL de agua destilada.

7.2.2.1 Preparación de soluciones

Se prepararon dos soluciones (1 y 2), la solución 1 consta de 0.1 g de sulfato de cobre (CuSO_4) y 0.2 g de tartrato de sodio y potasio ($\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), fueron diluidos en 50 mL de agua destilada. La solución 2 consta de carbonato de sodio (NaHCO_3) al 20%. Se utilizaron 10 g de NaHCO_3 y fueron diluidos en 50 mL de agua destilada. Posteriormente se preparó una solución de SDS al 5%, para ello se utilizaron 2.5 g de SDS al 95% y se aforó a 50 mL de agua destilada. A continuación, se elaboró una solución hidróxido de sodio (NaOH) al 3.2%, para ello utilizaron 8 mL de NaOH al 40 % y se aforó a 100 mL de agua destilada. La solución 1 y 2 sirvieron preparar el

reactivo denominado “alkaline copper”, se mezclaron lentamente 2 mL de solución 1 y 2 mL de solución 2, se agregaron 4 mL de SDS al 5%, finalmente se adicionaron 8 mL de NaOH (Noble y Bailey, 2009).

7.2.2.2. Método de cuantificación

La reacción para cuantificación de polifenoles totales se llevó a cabo en tubos de ensayo, donde se agregaron 20 μL de muestra (mosto o extracto de harina de GPF) y 980 μL de agua destilada así se obtuvo una dilución de (1:50) y para el extracto de GPF se agregaron 25 μL de muestra y 975 μL de agua destilada para una dilución (1:40). Posteriormente, se agregaron 250 μL de la solución alcalina de cobre y se dejó reposar 10 min y se agregaron 125 μL de Fenol a la solución de Folin-Ciocalteu al 20%. Se mezcló lentamente y se dejó reposar durante 30 min. Se agitaron con un vortex (genie 2) y se leyeron a 750 nm en un espectrofotómetro (UV-1700 PharmaSpec). La curva de calibración para el cálculo de la concentración de los distintos extractos se realizó utilizando ácido gálico (GAE) ($C_7H_6O_5$) en un rango entre 25 a 500 $\mu\text{g/mL}$.

7.3. Determinación de capacidad antioxidante

7.3.1. Preparación de soluciones

Se prepararon 500 mL de buffer de fosfatos el cual contenía 4 g de NaCl, 0.1 g de KCl y 0.72 g de KH_2PO_4 . También se preparó persulfato de potasio ($K_2S_2O_8$). para ello se usaron 0.33 g de $K_2S_2O_8$ y se aforó a 5 mL con agua destilada, esto se guardó en un tubo falcon cubierto con aluminio a temperatura de 4°C.

Dieciséis horas antes de comenzar la técnica, se preparó 2,2'-azino-bis-3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico (ABTS). Para ello se utilizó 0.0038 g de ABTS y se diluyó en un mililitro de $K_2S_2O_8$ en un tubo eppendorf cubierto con aluminio. Para la preparación de

sustrato para reacción, se tomaron 14 mL de buffer de fosfatos y a este se le agregaron 150 μL de ABTS previamente activado.

Para la realización de las curvas de calibración y cálculo de equivalentes a antioxidantes de referencia se utilizaron Trolox (ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico), Vitamina C y BHT. Se preparó Trolox a 10 mM como stock. Para ello, se utilizaron 0.0050 g de trolox diluidos en 2 mL de etanol absoluto ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), y se guardó en un tubo eppendorf cubierto completamente con aluminio. Con éste se realizó una curva de calibración entre 0.0312 a 1 mM. Con el objetivo de realizar una curva de calibración para vitamina C se utilizaron 0.025 g de vitamina C los cuales fueron diluidos en 100 mL de metanol grado HPLC, entre 25 a 250 mL/L. Para la curva de calibración del BHT se utilizaron 0.025 g los cuales fueron diluidos en 100 mL de metanol grado HPLC, entre 50 a 250 mg /L.

7.3.2. Técnica ABTS en harina de GPF

Se utilizó la técnica de ABTS descrita por Re et al. (1999). Para llevar a cabo esta técnica se agregaron 700 μL de ABTS diluido con el buffer de fosfatos en una celda de cuarzo. Se procedió a leer en el espectrofotómetro y a esta lectura le llamamos “ABS inicial”, después se agregaron 10 μL de extracto o solución patrón, con ayuda de parafilm se tapó la celda de cuarzo y se giró tres veces con el propósito de mezclar y comenzar la reacción. Pasados 6 min se tomó otra lectura en el espectrofotómetro y esta fue nuestra “ABS final”.

Se utilizó la siguiente fórmula para hacer los cálculos de capacidad antioxidante:

$$\% \text{ Captación de ABTS} = \frac{\text{Abs Inicial} - \text{Abs final} * 100}{\text{Abs inicial}}$$

7.4. Análisis de valor nutricional

La composición de humedad, proteína, lípidos y ceniza de la harina de GPF de las seis cepas de uva, se determinaron utilizando metodologías descritas por la AOAC (2023) como se describe a continuación.

7.4.1. Determinación de humedad

Para la determinación del peso seco, se pesó 1 g de muestra en charolas de aluminio, estas muestras se secaron a 60 °C durante 24 hr en una estufa (LAB-LINE Imperial Incubator 3 Model 311M), pasado ese tiempo, la muestra fue colocada durante 30 min en un desecador y pesada nuevamente. El cálculo fue realizado por gravimetría, considerando el peso inicial y peso final de la muestra.

7.4.2. Determinación de ceniza

Para llevar a cabo la determinación de ceniza, se pesaron 2 g de muestra en crisoles de porcelana previamente calcinados en un horno tipo mufla (Barnstead |Thermolyne F62700) y pesados. Las muestras pesadas a peso seco constante se incineraron en la mufla a 550 °C durante seis horas. Pasado ese tiempo se dejaron enfriar los crisoles en un desecador (SP SCIENCEWARE) y se pesaron nuevamente, el cálculo fue realizado por gravimetría, considerando el peso inicial y peso final de la muestra.

7.4.3. Determinación de proteína cruda

La proteína cruda fue analizada por el método micro-Kjeldahl (UDK 129, Velp, Italia) para la determinación de nitrógeno total (TKN), consistiendo en un proceso de digestión, destilación y por

último titulación. Para la digestión, se colocó en un matraz micro kjeldahl 2 g de catalizador consistiendo en sulfato de potasio (K_2SO_4), 0.04 g de sulfato cúprico pentahidratado ($CuSO_4$). A esa mezcla se le agregó 0.05 g de muestra. Posteriormente se añadió tres mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4). Se colocó en una estufa de digestión kjeldahl (digestor micro-Kjeldahl) a punto de ebullición durante cuatro horas hasta su total digestión o hasta que la muestra aparezca azul claro translúcido. La digestión se llevó a cabo bajo una campana de extracción (LABCONCO). Después de la digestión, se retiraron los matraces micro-kjeldahl y se dejaron enfriar a temperatura ambiente (22°C). Posteriormente se pasaron a un matraz de aforación de 25 mL donde fue diluido y aforado con agua destilada.

Para la destilación, se conecta el destilador (LABCONCO Kjeldahl) y se conecta una manguera para que exista una corriente continua de agua. En un vaso de precipitado se agregaron 15 mL de ácido bórico al tres % (H_3BO_3), cinco gotas de indicador Shiro-Tashiro, y se colocó en la salida del condensador. Teniendo las válvulas cerradas, se agregaron 5 mL de muestra e inmediatamente se abrió la válvula superior y se cerró después dejar pasar la muestra (este proceso se repitió dos veces más, se agregaron 10 mL de NaOH al 40% y 10 mL de agua destilada). Para comenzar la destilación, la temperatura se aumentó gradualmente hasta ebullición constante. Durante la destilación se mantuvo la válvula cerrada, la destilación se obtuvo cuando el volumen del vaso de precipitado llegó a 50 mL (este proceso se llevó a cabo en aproximadamente 8 min). Se apagó el destilador y se abrió la válvula derecha. Este proceso fue repetido para cada una de las muestras.

La titulación se hizo con una bureta graduada de 10 mL con ácido clorhídrico (HCL) al 0.02 N y el vaso con lo recolectado en la destilación, a este vaso se le introdujo un agitador magnético y así fue colocado sobre una placa magnética debajo de la bureta, se dejó caer gota a gota el HCL hasta la obtención de una coloración azul violeta, se anotó el volumen gastado que se tuvo de HCL para llegar a esa coloración y este procedimiento se repitió para todas las muestras, en este caso, fue importante hacer un blanco sin muestra bajo las mismas condiciones.

El porcentaje de proteína cruda se calculó con la siguiente ecuación:

$$\% N = \frac{(mL \text{ de HCL} - mL \text{ de blanco}) \times \text{normalidad de HCL} \times 1.4}{g \text{ de muestra}}$$

$$\% P = \% N \times 6.25$$

7.4.4. Determinación de grasa cruda

El contenido de grasa cruda se determinó por el método Soxhlet, para ello se utilizaron matraces bola previamente calcinados y pesados a los cuales se les agregaron 90 mL éter de petróleo (a cada uno) como disolvente portador. El arrastre se llevó a cabo durante cuatro horas a una temperatura de 70°C con un chiller o enfriador siempre funcionando para condensar y hacer el reflujo del éter de petróleo. El cálculo se lleva a cabo por gravimetría, considerando la muestra y el peso iniciales del matraz sin grasa y peso final de matraz con grasa. Los extractos libres de nitrógeno (ELN) se calcularon por la diferencia de la sumatoria de proteína, lípidos y ceniza.

$$ELN = 100 - \Sigma(\text{proteínas} + \text{lípidos} + \text{cenizas})$$

7.5. Evaluación in vivo de GPF dietario con camarones

7.5.1 Preparación de dietas

La evaluación de efectos antioxidantes en músculo de camarón se midió a partir de la inclusión de harina de GPF en dietas libres de harina y aceite de pescado. Como referencia se utilizó la formulación de la dieta reportada M-BBM por López Ortiz et al. (2023), modificando el contenido nutricional de proteínas (40.30%), lípidos (8.04%), cenizas (9.50%) y ELN (42.13%). La dieta sin adición de GPF (0%) fue considerada como control y tres dietas experimentales con sustitución de 1%, 2.5% y 5% de harina de GPF de CS por el almidón de maíz utilizado como relleno dietario (Tabla 1).

Tabla 1. Ingredientes utilizados para la elaboración de dietas experimentales con diferentes porcentajes de inclusión de grape pomace fermentado (GPF) para camarón blanco *Litopenaeus vannamei*.

INGREDIENTES	g/Kg			
	0%	1.0%	2.5%	5.0%
Harina de subproductos avícolas ^a	140	140	140	140
Harina de subproductos bovinos ^a	260	260	260	260
Soja 65% ADM ^b	200	200	200	200
Maizena TM (almidón de maíz) ^c	263.8	254	239.4	215
GPF ^d	0	10	25	50
Sebo de res ^e	1.2	1	0.6	0
DHA-Nature TM 17% ^f	40	40	40	40
Gelatina ^g	50	50	50	50
Metionina ^h	10	10	10	10
Rovimix (mezcla de vitaminas y minerales) ⁱ	30	30	30	30
Colesterol ^j	5	5	5	5
Total	1000	1000	1000	1000

^a Scoular de México S. de RL de CV Originaria de EE.UU. (National Renderers Association); ^b ADM de leche de soja; ^c maizena unilever food solutions méxico s.a. de c.v.; ^d Vinícola Solar Fortún S. de R. L. de C.V. con domicilio en Carretera Tijuana-Ensenada, #7709, El Sauzal, Ensenada, Baja California, 22760; ^e Amablemente donado por Grasas y Derivados de Tijuana; ^f ADM; ^g 1 Sigma Aldrich; ^h Progel Mexicana SA de CV, León, Guanajuato, México; ⁱ Maizena unilever food solutions méxico s.a. de c.v.; ^j DSM Nutritional Products México, SA de CV, contiene en g kg ácido p-aminobenzoico 1.45; biotina 0,02; mioinositol 14,5; ácido nicotínico 2,9; capantotenato 1,0; piridoxina-HCl 0,17; riboflavina 0,73; tiamina-HCl 0,22; menadiona 0,17; α -tocoferol 1,45; cianocobalamina 0,0003; calciferol 0,03; L -ascorbil-2- fosfato-Mg 0,25; ácido fólico 0,05; cloruro de colina 29,65; retinol 0,015; NaCl 1,838; MgSO₄·7H₂O 6,85; NaH₂PO₄·2H₂O 4,36; KH₂PO₄ 11,99; Ca(H₂PO₄)₂· 2H₂O 6,79; Fe-citrato 1,48; Ca-lactato 16,35; AlCl₃·6H₂O 0,009; ZnSO₄·7H₂O 0,17; CuCl₂ 0,0005; ^j Mitsui & Co, México.

7.5.2 Acondicionamiento dietario

El acondicionamiento dietario se realizó en un sistema con 12 estanques de 500 L de agua c/u conectado a un sistema de recirculación con control de temperatura, filtro biológico y filtro UV. Diecinueve juveniles de camarón *Litopenaeus vannamei*, con peso promedio inicial de 1.2 g fueron puestos en cada estanque, asignando las dietas experimentales (0%, 1%, 2.5% y 5% GPF) por triplicado y fueron alimentados tres veces al día (8:00, 13:00 y 18:00 h) durante 60 días. Al finalizar el bioensayo, los camarones fueron pesados en total y se tomaron muestras de músculo y fueron congeladas a -80 °C hasta su análisis.

7.5.3. Cuantificación de polifenoles totales y actividad antioxidante

Por cada estanque se tomaron cinco organismos, con lo cual se realizó un homogenado de tejido muscular en grupo. Se pesaron 0.5 g y se agregaron a un tubo falcón donde se tenían 2.5 mL de metanol y 2.5 mL de agua y se dejaron en agitación en un vortex durante cuatro horas. Posterior a eso, se utilizó una bomba de vacío para separar el sedimento y se almacenó en tubos eppendorf.

Para la cuantificación de polifenoles totales, se siguió la técnica Folin-Ciocalteu descrita en el punto 7.3.1., de acuerdo con Ordoñez et al. (2019). Para la cuantificación de actividad antioxidante, se siguió la técnica ABTS descrita en el punto 7.4.2 (Re et al., 1999).

7.6. Análisis de estadísticas

Los datos de valores proximales, polifenoles totales y actividad antioxidante fueron sometidos a una prueba de normalidad y homocedasticidad. Al cumplir con dichos supuestos, se realizó un análisis ANOVA una vía, considerando como factor la variante de tipo de GPF (CS, M, N, PV, S y Z). Las diferencias entre los tratamientos se realizaron con un análisis a posteriori de Tukey, considerando un nivel de confianza del 95%, los cuales se llevaron a cabo utilizando el software estadístico SPSS. Se realizó una regresión polinómica (cuadrática) para el contenido de polifenoles y la capacidad antioxidante en el músculo del camarón blanco. Los resultados se presentan en forma de tablas y gráficos para facilitar la interpretación.

8. RESULTADOS

En la Tabla 2 se presenta la concentración de polifenoles totales en mg/mL para mosto y mg/100 g para GPF y harina de GPF. En el caso del mosto, la cepa que presentó la mayor concentración de polifenoles fue PV y la menor concentración en las cepas CS, M y S ($p < 0.05$).

En el caso del GPF, la cepa con el mayor contenido de polifenoles totales fue M, mientras las concentraciones más bajas se encontraron en las cepas S y Z ($p < 0.05$).

En cuanto a la harina de GPF, las cepas con concentraciones más altas de polifenoles totales fueron M y PV, mientras la menor concentración la presentó la cepa Z ($p < 0.05$).

En el proceso de la elaboración de harina de GPF conlleva el calentamiento a 100 °C, por lo cual se calculó la posible pérdida de polifenoles. El porcentaje de polifenoles retenidos en la harina de GPF en comparación con el GPF, la cepa Z fue la cepa que más retuvo polifenoles totales mientras que M fue el que menos los retuvo ($p < 0.05$).

Tabla 2. Concentración de polifenoles totales en mosto, grape pomace fermentado (GPF) y harina de GPF de seis cepas de uva de la región del Valle de Guadalupe, Ensenada, B.C.

	Cabernet Sauvignon	Merlot	Nebbiolo	Petit Verdot	Syrah	Zinfandel
Mosto (mg/mL)	10.2±0.7 ^c	10.8±1.6 ^c	15.7±0.7 ^b	19.8±1.4 ^a	12.2±1.09 ^c	12.7±1.2 ^{bc}
GPF (mg/100g)	1658.3±26.8 ^b	2329.9±22.6 ^a	1687.8±28.8 ^a	1525.7±34.1 ^b	1144.6±7.2 ^{bc}	790.9±2.5 ^c
Harina de GPF (mg/100g)	781.3±9.9 ^{ab}	955.0±9.9 ^a	773.4±5.1 ^{ab}	878.0±7.55 ^{ab}	806.9±8.7 ^{ab}	699.0±10.8 ^b
% de polifenoles recuperados	47.12	40.99	45.82	57.55	70.50	88.39

Las letras como subíndices representan las diferencias significativas entre las diferentes cepas de uva ($p < 0,05$).

En la Tabla 3 se muestran los resultados de capacidad antioxidante referente a mM trolox, equivalentes (Eq) de vitamina C y Eq a BHT de las diferentes harinas de GPF.

En los resultados de Eq vitamina C, la cepa de CS presentó la mayor capacidad antioxidante sin diferencias con M y N. Mientras que PV mostró la menor capacidad antioxidante ($p < 0.05$). En cuanto a los resultados de Eq BHT, las cepas CS y M mostraron la mayor capacidad antioxidante, mientras N, PV y S presentaron la menor, sin diferencias entre ellas ($p < 0.05$). Los resultados de capacidad antioxidante referente a trolox, las cepas CS y M mostraron la mayor capacidad antioxidante, mientras PV presentó la menor ($p < 0,05$).

Tabla 3. Capacidad antioxidante de harina de grape pomace fermentado (GPF) de las seis cepas de uva de la región del Valle de Guadalupe, Ensenada, B.C.

	Cabernet Sauvignon	Merlot	Nebbiolo	Petit Verdot	Syrah	Zinfandel
Eq Vitamina C (g/kg)	1.41±0.23 ^a	1.25±0.11 ^{ab}	1.11±0.30 ^{ab}	0.71±0.10 ^c	1.01±0.05 ^{bc}	1.29±0.06 ^{ab}
Eq BHT (g/kg)	1.78±0.03 ^a	1.56±0.16 ^a	1.14±0.14 ^b	0.81±0.14 ^b	1.23±0.07 ^b	1.62±0.09 ^a
Trolox (mM)	4.72±0.08 ^a	4.19±0.37 ^a	3.72±0.99 ^{ab}	0.39±0.33 ^c	3.40±0.18 ^{bc}	4.33±0.22 ^{ab}

Las letras como subíndices representan las diferencias significativas entre las diferentes cepas de uva ($p < 0,05$).
ELN (Extractos libres de nitrógeno)

En la Tabla 4 se muestran los resultados de la composición proximal de la harina de GPF. El nivel de proteína cruda más alto se encontró en S y Z, en comparación a las demás cepas de GPF ($p < 0,05$).

El contenido más alto de grasa cruda se encontró en M, N S y Z, mientras CS y PV presentaron el contenido más bajo ($p < 0,05$). El contenido más alto de cenizas se encontró en Z, mostrando diferencia solo con PV ($p < 0,05$). En el caso de los ELN se observó que CS y PV mostraron los valores más altos, mientras Z mostró el contenido más bajo ($p < 0,05$).

Tabla 4. Composición proximal de harina de grape pomace fermentado (GPF) de seis cepas de uva de la región del Valle de Guadalupe, Ensenada, B.C.

	Cabernet Sauvignon	Merlot	Nebbiolo	Petit Verdot	Syrah	Zinfandel
Proteína cruda	12.33±0.15 ^b	11.60±0.50 ^b	11.83±0.74 ^b	12.38±0.42 ^b	14.40±0.55 ^a	14.72±0.33 ^a
Grasa cruda	2.39±0.07 ^b	9.63±0.23 ^a	9.81±0.44 ^a	3.17±0.89 ^b	8.19±0.21 ^a	12.77±0.92 ^a
Cenizas	7.38±0.27 ^{ab}	6.98±0.05 ^{ab}	6.59±0.04 ^{ab}	5.91±0.06 ^b	7.77±0.04 ^{ab}	11.04±0.32 ^a
ELN	77.95±0.53 ^a	71.79±0.39 ^b	71.76±1.14 ^b	78.64±1.21 ^a	70.04±0.37 ^b	61.47±0.87 ^c

Las letras como subíndices representan las diferencias significativas entre las diferentes cepas ($p < 0,05$).

ELN (Extractos libres de nitrógeno)

En la Figura 3, el eje Y muestra la concentración de polifenoles totales (mg GAE/g músculo), mientras que el eje X representa los tratamientos con porcentajes de inclusión de GPF (0%, 1%, 2,5%, 5%). Los puntos indican la media y las barras la desviación para cada tratamiento, con un ajuste a la ecuación de regresión cuadrática $R^2 = 0.9865$. Las letras en los puntos indican diferencias significativas entre los tratamientos, mostrando que el tratamiento 0% muestra menor concentración de polifenoles totales en comparación a los otros tratamientos ($p < 0,05$).

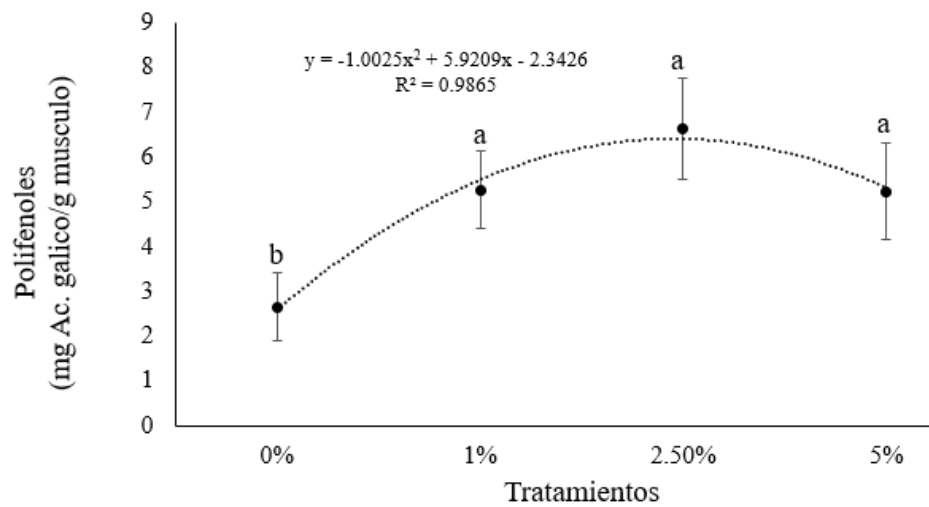


Figura 3. Regresión polinomial de polifenoles totales en la dieta y su efecto en músculo de camarón (*Litopenaeus vannamei*) alimentado con diferentes niveles de grape pomace fermentado (GPF) de Cabernet Sauvignon (CS).

Las letras representan las diferencias significativas entre los diferentes tratamientos.

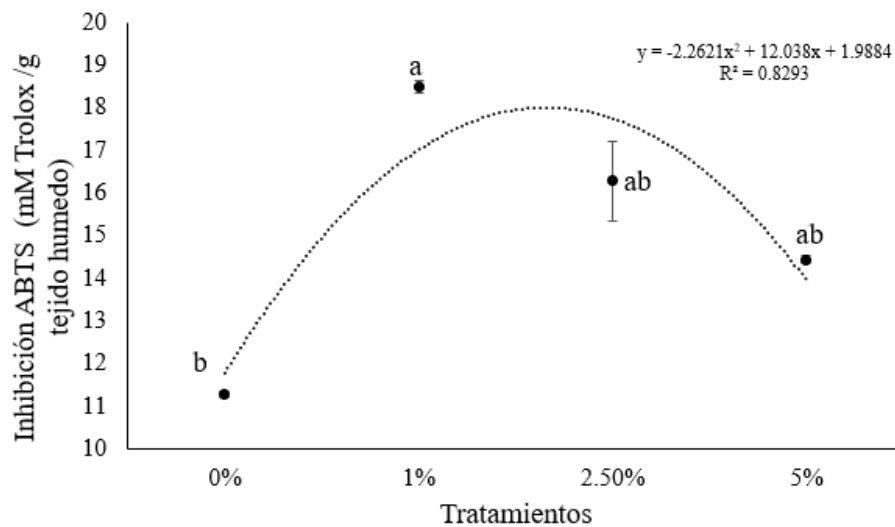


Figura 4. Regresión polinomial de la actividad antioxidante ABTS en músculo de camarón (*Litopenaeus vannamei*) alimentado con diferentes niveles de grape pomace fermentado (GPF) de Cabernet Sauvignon (CS).

Las letras representan las diferencias significativas entre los diferentes tratamientos.

En la Tabla 5 se presentan los resultados de la revisión bibliográfica enfocada en la utilización de subproductos vinícolas, específicamente la inclusión directa de GPF en dietas para organismos acuáticos, donde se presentan distintos parámetros experimentales, incluyendo especie, peso inicial,

porcentaje de inclusión de GPF en sus dietas, duración de cada experimento, así como los efectos fisiológicos relevantes observados en cada organismo.

Tabla 5. Efectos de la inclusión de harinas de fermentado de grape pomace (GPF) en dietas de organismos acuáticos.

<i>Especie</i>	<i>Peso inicial (g)</i>	<i>% de inclusión</i>	<i>Días de exposición</i>	<i>Efectos</i>	<i>Referencia</i>
	0.30 ± 0.05	g kg ⁻¹	Experimento 1: 1: 83	No se observaron diferencias significativas en el crecimiento de los organismos entre los diferentes tratamientos.	Peña et al. (2019)
		20,40,60	Experimento 2: 2: 77	El tratamiento que contenía 60 g kg ⁻¹ mostró una digestibilidad significativamente mayor en relación con el tratamiento que contenía 120 g kg ⁻¹	
		60, 120, 180		El tratamiento que contenía 80 g kg ⁻¹ de GPF no afectó los parámetros de crecimiento.	
Trucha arcoiris (<i>Oncorhynchus mykiss</i> , Walbaum, 1792)	90.4 ± 0.51	0.8%	Experimento 1: 30	La inclusión de MGPF mejora en general las características de calidad, también reduce la concentración de grasa total y ácidos grasos saturados junto con el índice aterogénico.	Pulgar et al. (2021)
			Experimento 2: 60		
			Experimento 3: 90		
	15.0 ± 0.2	mg/kg	92	El GPF en ambas concentraciones mejora en general las características de calidad del pescado, también redujo la concentración de grasa total y ácidos grasos saturados junto con el índice aterogénico.	Tarricone et al. (2023)
		100			
		200			

Lubina europea (<i>Dicentrarchus labrax</i> , Linneo 1758)	NE	0.4%	35	La inclusión de GPF en los alimentos para este organismo mejora el estado fisiológico e inmunológico, aparte de prevenir la oxidación cuando se almacena en refrigeración, mejorando la calidad de los filetes.	Martínez Antequera et al. (2024)
Carpa común (<i>Cyprinus carpio</i> , Linneo 1758)	250	mg/ kg	42	La inclusión de GPF mejora la salud general, incrementando los niveles de proteínas séricas y el metabolismo óseo.	Dragomir et al. (2021)
		0 200 400 600 800			
	7.0 ± 0.4	g/kg	56	La inclusión de 150 g/kg GPF mejora el crecimiento, supervivencia e índices nutricionales de los organismos.	Mahmoodi et al. (2023)
	65 g	0 % 5% 10 %	56	La inclusión de GPF no afecta los parámetros de crecimiento, sin embargo, si modifica el índice hepatosomático. La inclusión de GPF modifica la humedad, proteína, grasa, colágeno y sal. La suplementación con GPF incrementa la defensa antioxidante e influye en los parámetros microbianos, especialmente en la abundancia de microbiota aerobia y Enterobacteriácea.	Barbacariu et al. (2024)

Carpa herbívora (<i>Ctenopharyngodon idella</i> , Valenciennes 1844)	No especificado	mg/kg	15	La suplementación de 300 mg/kg de GPF ayuda a prevenir / reducir el daño oxidativo hepático cuando la carpa es infectada por <i>Pseudomonas aeruginosa</i> . Los organismos infectados mostraron niveles elevados de especies ROS, NOx, y otros marcadores de daño oxidativo en comparación con el grupo control.	Souza et al. (2019)
		0			
		150			
		300			
	15,12 ± 1,2	mg / kg	75	Se encontró que la actividad de la NTPDase disminuyó y la de ADA aumentó en los peces infectados en comparación con el grupo control. La suplementación con GPF previno todas estas alteraciones, así como el aumento de NOx y las MPO y catalasa, que también fueron más altas en los organismos infectados.	Baldissera et al. (2019)
		0			
		150			
		300			
Lisa dorada (<i>Liza aurata</i> , Linneo 1758)	65.45 ± 0.08	100 g/kg	42	La inclusión de GPF mejora la eficiencia alimentaria, así como el estado metabólico e inmunológico de los organismos. La inclusión de GPF genera cambios en la diversidad funcional de la microbiota intestinal y disminuye los niveles de cortisol cuando los organismos son sometidos a hipoxia.	Martínez Antequera et al. (2023)

Tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i> , Cuvier 1816)	60	g kg 20 40 60 80	60	La inclusión de 80 g/kg de GP incrementa la ganancia de peso , tasa de crecimiento específico y factor de condición, así como triglicéridos plasmáticos, albúmina y lisozima, sin modificar los parámetros hematológicos. Mientras la inclusión de 60 g/kg de GP incrementa la actividad de proteasa.	Morante et al. (2021)
Roho Labeo (<i>Labeo rohita</i> , Hamilton 1822)	No definido	mg/kg 0 100 200 300	60	La adición de 200 mg/ kg de GPF mejoró la tasa de crecimiento, así como la hematología y parámetros bioquímicos. También aumentaron las actividades antioxidantes y los parámetros inmunes, como MDA, SOD, GPO, GSH, y se observó una mejora en la expresión de genes relacionados con la inmunidad y la anti inflamación en el riñón.	Harikrishnan et al. (2021)
Salmón rosado (<i>Oncorhynchus gorbuscha</i> , Walbaum 1792)	0.5 kg	0% 1% 2%	9	La incorporación de GPF en la hamburguesa de salmón alteró el color y la apariencia, pero no afectó el olor. También inhibió TBARS, en la que el BHT mostró el mayor efecto inhibitorio, sin embargo, no mostró citotoxicidad en relación con las células de fibroblastos de ratón.	Chili et al. (2019)
Camarón blanco (<i>Litopenaeus vannamei</i> , Boone 1931)	0.35 ± 0.01	0 % 2.5 % 5 % 10 % 15 %	45	La adición de 2.5% de GPF no afecta el crecimiento y la tasa de conversión alimenticia. La inclusión de 15% de GP incrementa la concentración de polifenoles y disminuye la peroxidación lipídica.	Rosas et al. (2022)

GPF = Harina de orujo de uva; MGPF = Extracto de orujo de uva microencapsulado; TBARS = Sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico; BHT = Butilhidroxitolueno; HSI = Índice hepatosomático; ROS = Especies reactivas de oxígeno; NOx = Metabolitos del óxido nítrico; NTPDase = Actividades del trifosfato difosfohidrolasa; ADA = Adenosina deaminasa; MPO = Actividades de mieloperoxidasa; MDA = Malondialdehído; SOD = Superóxido dismutasa; GSH = Glutati6n; GPO = Glutamato peroxidasa

9. DISCUSIÓN

En la actualidad existe un amplio enfoque en la evaluación y revalorización de los subproductos o residuos agrícolas, debido al impacto negativo que generan en los ecosistemas, la economía y la sociedad (Obi et al., 2016). Dentro de los residuos vegetales se consideran las semillas, cáscaras, vainas, salvado, tallos, gérmenes, pulpa, orujo, entre otros. Los cuales provienen de los residuos del procesamiento de plantas como hortalizas, frutas, cereales, raíces y tubérculos, cultivos oleaginosos y legumbres (Baiano et al., 2014). Estos residuos no son asociados a un valor nutricional alto, sino a una composición alta de compuestos bioactivos que pueden utilizarse como suplementos nutricionales (Chakka & Babu, 2022).

Los residuos vinícolas presentan una amplia variedad de compuestos bioactivos, donde los compuestos fenólicos son los mayoritarios y provienen de las partes sólidas de la uva (piel, tallo y semillas). Por tanto, la concentración y tipo de compuestos fenólicos en el vino se ven afectados por el tipo de uva, el método de extracción, proceso de fermentación y el envejecimiento. Los vinos tintos, con su contacto prolongado con el orujo durante la fermentación alcohólica, así como la fermentación maloláctica, han mostrado tener un perfil fenólico más rico y complejo que los vinos blancos, los cuales se elaboran con métodos que limitan la extracción de estos compuestos (Estruch, 2023; Fernández Pachón et al., 2006). Por lo que los polifenoles totales en mosto dependen de la concentración inicial de la cepa de uva y su proceso de prensado (Riquelme et al., 2013).

En el presente estudio, se determinó la concentración de polifenoles totales presentes en seis diferentes subproductos vinícolas para producción de vino tinto, tanto fresco como después del proceso de secado tipo industrial (45 minutos a 100 °C), obteniendo valores en el rango de 790.9 mg/100 g a 2,329.9 mg/100 g para GPF de Zinfandel y Merlot, respectivamente y entre 699.08 mg/100 g y 955 mg/100 g en harina de GPF también para Zinfandel y Merlot, respectivamente. Estos valores están dentro del rango reportado para otras cepas de residuos para fabricación de vino tinto (1,115 a 7,475 mg/100 g de GP) (Chakka y Babu, 2022). Las diferencias obtenidas entre GPF y harina

de GPF denotan la pérdida de compuestos fenólicos durante el tipo de secado realizado, destacando la pérdida de hasta el 60% de estos compuestos en Merlot.

Aunado a lo anterior, también se determinó la concentración de polifenoles en el mosto adquirido después del proceso de fermentación alcohólica y antes de la fermentación maloláctica, donde la concentración de polifenoles ya no se ve modificada (Estruch, 2023). En este sentido, los valores encontrados en la presente investigación van de 10.20 mg/mL a 19.81 mg/mL para mosto de Cabernet Sauvignon y Petit Verdot, respectivamente. Se ha reportado la concentración de polifenoles en mosto de la cepa Chardonnay (uva blanca), registrando la mayor concentración de 400 mg/L de polifenoles totales durante el año 2020, asociado a clima cálido y estrés hídrico (Francesca, 2024). También, Riquelme et al. (2013) reportaron que el valor de polifenoles totales oscila entre 100.47 mg/L y 246.80 mg/L en mosto de uva para producción de vino Tempranillo, denotando también que el tiempo de almacenamiento y las temperaturas aplicadas tiene un efecto significativo en el contenido de polifenoles. Tomás (2017) evaluaron el efecto del tiempo de fermentación de uva negra criolla sobre el contenido de antocianos (flavonoides), concluyendo que el tiempo de fermentación influye en un 95%, donde después de 8 días de fermentación se tuvo un índice de polifenoles totales entre 14,45 a 37,38 mg/L. Riquelme et al. (2013) menciona que la temperatura más efectiva para controlar la oxidación de compuestos fenólicos en mosto es en tratamientos a 65°C durante cinco minutos.

Los métodos para medir actividad antioxidante se basan en caracterizar cómo un agente oxidante causa daño oxidativo a un sustrato susceptible de oxidarse, daño que es prevenido o reducido por la acción de un antioxidante, donde la reducción en el daño refleja la actividad antioxidante del compuesto, sin embargo, otros métodos se enfocan en cuantificar los productos generados durante el proceso de oxidación. Las diferencias entre métodos radican en el tipo de agente oxidante empleado, el sustrato utilizado, la forma de medir el punto final, la técnica instrumental aplicada y las posibles interacciones de la muestra con el medio de reacción. Cada método puede tener objetivos específicos, como medir la resistencia de un alimento a la oxidación, cuantificar el contenido de antioxidantes o evaluar la actividad antioxidante en el plasma tras el consumo de un alimento (Frankel & Meyer, 2000 ; Wang et al., 2004 ; Perez et al., 2000 ; Schwarz et al., 2001 ; Arnao et al., 1999).

Los métodos ABTS (2,2'-azino-bis-3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico), DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil), ORAC (Capacidad de Absorción de Radicales de Oxígeno) y FRAP (Capacidad de reducción férrica del plasma) son ampliamente utilizados en uvas, vinos y sus derivados como el GP, esto debido a la composición química de la uva que incluye una variedad de compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes (polifenoles, flavonoides y taninos). Estos compuestos tienen la capacidad de actuar como donadores de electrones, neutralizando radicales libres y reduciendo la oxidación de lípidos y proteínas (Ky et al., 2014; Pisoschi et al., 2021; Mollica et al., 2021; Silvestrini et al., 2023)

Los polifenoles (resveratrol, quercetina y catequinas) son bien evaluados por el método ORAC, el cual refleja cómo los antioxidantes neutralizan los radicales peroxilo, mientras DPPH permiten observar la eficiencia de estos polifenoles para neutralizar radicales (Ky et al., 2014; Mollica et al., 2021). Los flavonoides (como el ácido gálico y antocianinas) poseen grandes propiedades antioxidantes y son fácilmente evaluados con los métodos ABTS y DPPH debido a su capacidad para reducir radicales de manera efectiva (Almanza Oliveros et al., 2024). Los taninos y antocianos son evaluados mediante el método FRAP que mide la capacidad de reducir iones de hierro (Fe^{3+}) lo cual es representativo de la capacidad antioxidante de estos compuestos en un ambiente que involucra metales de transición (Mollica et al., 2021).

Mex Álvarez et al. (2018) han utilizado los métodos de DPPH y FRAP para determinar la actividad antioxidante de polifenoles totales, taninos totales, taninos condensados y flavonoides totales de extractos de Uva de Mar (*Coccoloba uvifera*), encontrando el mejor resultado con la técnica FRAP comparado con la capacidad de reducir al H_2O_2 . Ordóñez et al. (2019) reportan la actividad antioxidante en semilla de uva y piel y semillas de uvilla (*Vitis vinifera*) mediante los métodos DPPH y ABTS. Ticllahuanca Sayritupac, (2022) presenta el uso de DPPH para evaluar la capacidad antioxidante en mosto de uva de la cepa borgoña negra, mientras que Barboza Marín (2021) utilizó el método de DPPH para vinos secos provenientes de Alto Cumbaza. En resumen, los métodos más utilizados para uva, subproductos de uva, mosto y vinos tintos son DPPH, ABTS y FRAP, los cuales han generado buenos resultados.

La actividad bioactiva de los polifenoles reside en su capacidad antioxidante. En este sentido, actualmente existen muchos esfuerzos para evaluar la actividad antioxidante que confieren muchos residuos agrícolas, incluyendo los subproductos generados de la vinificación. Reportes más específicos en residuos de uva indican que los valores de actividad antioxidante varían según el tipo de subproducto analizado, donde Ticllahuanca Sayritupac (2022) reporta la evaluación de GP de la cepa borgoña negra, reportando 66.00 g/mL como máximo % inhibición en 100 µg/mL. También, se ha reportado en extractos de semillas de uva actividad antioxidante de 50.44 mmol TE/100 g, mientras que los hollejos presentaron valores de 34.96 mmol TE/100 g (De la Escalera Rodríguez, 2021). El trabajo presentado por Segovia et al. (2019) reportan actividad antioxidante entre 2.3 y 18.3 mmol TE/100 g en orujo de la cepa Malbec y Torrontés Riojano, respectivamente. En este sentido, los valores encontrados en el presente trabajo están dentro de los reportes, teniendo una variación entre 0.39 y 4.72 mM TE para Petit Verdot y Cabernet Sauvignon, respectivamente.

La inclusión de residuos vinícolas en alimentos para animales está asociada a la capacidad antioxidante que estos pueden conferir a nivel celular. Sin embargo, los compuestos bioactivos que presentan los residuos de uva han sido asociados con propiedades antibacterianas, antivirales, antiinflamatorios y antioxidantes, generando resultados prometedores y benéficos en animales que los consumen en la cantidad adecuada (Fontana et al., 2013; Hassan et al., 2019). En este sentido, se han realizado estudios *in vivo* sobre el efecto de la adición de compuestos fenólicos sobre la integridad y funcionalidad del intestino, encontrando tres mecanismos básicos de acción: la reducción de moléculas proinflamatorias (factor de necrosis tumoral α -TNF- α y otras interleucinas-IL), la mejora en la expresión de proteínas de unión estrecha y la mejora de la actividad antioxidante intracelular (Sandoval Ramírez et al., 2020). Estudios en peces donde se han utilizado taninos condensados dietarios se ha observado efectos positivos como el aumento en la capacidad antioxidante total y la actividad de enzimas antioxidantes como catalasa (CAT) y superóxido dismutasa (SOD) en suero e hígado. Además, se ha reportado una mayor resistencia al estrés generado por sulfato de cobre e hipoxia, caracterizado por el aumento en la diversidad bacteriana intestinal con la disminución en los

niveles de lipopolisacáridos y factores proinflamatorios como el TNF- α , indicando la reducción en la inflamación intestinal (Peng et al., 2020; Peng, Wang, et al., 2020; Peng et al., 2021).

Un estudio específico en camarón evaluó el efecto de la adición de extractos provenientes de uva, reportando un incremento en crecimiento y una mayor tasa de supervivencia después de la inoculación con *Vibrio parahaemolyticus*, mostrando menos células necróticas en el hepatopáncreas (Niyamosath et al., 2015). En el presente trabajo, los resultados de concentración de polifenoles totales y capacidad antioxidante en músculo de camarón alimentados con diferentes porcentajes de harina de GPF, muestran un efecto positivo por la inclusión, mostrando que la inclusión de 1, 2.5 y 5% incrementan los polifenoles totales, denotando un efecto de acumulación en tejidos, mientras la capacidad antioxidante incrementó significativamente con 1% de inclusión, lo que puede estar asociado a la mejora de salud y rendimiento de estos organismos.

Al igual que la concentración y tipo de polifenoles, el perfil bromatológico de los residuos de uva depende de la cepa de uva, las condiciones climatológicas, el proceso de extracción, el tipo de suelo, prácticas agrícolas, así como el tiempo de cosecha (López Astorga et al., 2023). En este sentido, se han reportado valores de proteína cruda en los orujos de uva que varía entre 4-15 % (Amerine & Berg, 1982; Perra et al., 2022; Antonić et al., 2020; Espinoza Rosales 2024). Sin embargo, en el trabajo realizado por Segura et al. (2015) se reporta un valor de proteína de 1.11 ± 0.02 y de cenizas de 1.26 ± 0.07 para la cepa de CS. El estudio realizado por Abouelenein et al. (2023) se reportó en orujo de uva tinta de la cepa Lacrima di Morro d'Alba con un promedio de proteína cruda de 9.8 % y 7.16 g/100g de ceniza en orujo. En FDNA (2020) reportan un porcentaje de lípidos de 11% en el orujo GP integral.

Los ELN son considerados como la porción de carbohidratos dentro de los insumos. En este sentido, el GPF presenta principalmente carbohidratos tipo fibra que puede representar entre el 26 al 78% de fibra dietética total, encontrando principalmente pectina (37-54%), celulosa (27-37%) y lignina (17-24%), lo que influye en su valor nutricional (Chakka & Babu, 2022; Guerra Rivas et al., 2013; López Astorga et al., 2023; Markowski et al., 2012). Domínguez (1984) reporta que la uva tiene un elevado contenido en azúcares que pueden variar entre 12 y el 33%, en 2-3% de materia

nitrogenadas. Sin embargo, los azúcares presentes en la uva son degradados del GPF por el proceso de fermentación alcohólica al que es sometida para la generación del mosto.

En la presente investigación, se encontró variación del valor nutricional entre los orujos de las seis cepas de evaluadas, las cuales están dentro de los rangos previamente mencionados. En este sentido, los beneficios parciales asociados a la utilización de estos subproductos en alimentos acuícolas no solo están relacionada a los compuestos bioactivos, sino también a los posibles perfiles nutricionales asociados, que incluso pueden ser de mayor valor nutricional comparado con maíz, trigo, sorgo, etc., insumos ampliamente utilizados como relleno en dietas acuícolas.

La revisión bibliográfica realizada con enfoque en los efectos dietarios de GP en peces y camarones, deja claro que los subproductos vinícolas utilizados de manera directa presentan una alta capacidad de mejorar distintos parámetros como tasa de crecimiento, digestibilidad de nutrientes, modifica el metabolismo lipídico mejorando el índice aterogénicos asociado a su capacidad antioxidante y cuidado de integridad de ácidos grasos, lo que mejora las características de calidad de músculo, modifica los parámetros de bioquímica sanguínea, refuerza el sistema inmunológico y modula los niveles de cortisol y la abundancia de la microbiota intestinal entre otros efectos positivos relacionados. Sin embargo, la evaluación del uso de estos subproductos es necesaria para cada especie, ya que puede generar también efectos negativos en los parámetros antes mencionados si estos no son adicionados en la cantidad adecuada. Aunado, el uso directo y aplicación de subproductos no solo está asociado a los compuestos bioactivos, sino también al valor nutricional, el cual varía de acuerdo con muchos factores antes mencionados.

10. CONCLUSIÓN

Se determinó que la concentración de polifenoles totales en GPF varía entre las seis cepas de uva evaluadas, donde el tratamiento de secado tipo industrial para la generación de harina de GPF genera una pérdida alta de estos polifenoles. Sin embargo, aunque existe pérdida de polifenoles durante el proceso de secado, la evaluación de la actividad antioxidante en harina de GPF muestra que conserva una alta capacidad antioxidante, lo que le confiere el potencial para ser incluido en dietas como antioxidante dietario. Lo anterior se corroboró al evaluar el incremento de la concentración de polifenoles totales y actividad antioxidante en músculo de camarones alimentados con dietas con inclusión de harina de GPF.

11. REFERENCIAS

- Abouelenein, D., Mustafa, A. M., Caprioli, G., Ricciutelli, M., Sagratini, G., & Vittori, S. (2023). Phenolic and nutritional profiles, and antioxidant activity of grape pomaces and seeds from Lacrima di Morro d'Alba and Verdicchio varieties. *Food Bioscience*, 53, 102808. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102808>
- Alara, O. R., Abdurahman, N. H., & Ukaegbu, C. I. (2021). Extraction of phenolic compounds: A review. *Current Research In Food Science*, 4, 200-214. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.03.011>
- Almanza Oliveros, A., Bautista Hernández, I., Castro López, C., Aguilar Zárata, P., Zahidd Meza Carranco, Rojas, R., Michel, M. R., & Cristian, G. (2024). Grape Pomace—Advances in Its Bioactivity, Health Benefits, and Food Applications. *Foods*, 13(4), 580. <https://doi.org/10.3390/foods13040580>
- Amerine, M. A., & Berg, H. W. (1982). *The technology and wine making*. The AVI Publishing Inc.
- Antonić, B., Jančíková, S., Dordević, D., & TremLová, B. (2020). Grape pomace valorization: A systematic review and meta-analysis. *Foods*, 9(11), 1627. <https://doi.org/10.3390/foods9111627>
- Arnao, M. B., Cano, A., & Acosta, M. (1999). Methods to Measure the Antioxidant Activity in Plant Material. A Comparative Discussion. *Free Radical Research*, 31(sup1), 89-96. <https://doi.org/10.1080/10715769900301371>
- Avello, M., & Suwalsky, M. (2006). Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de protección. *Atenea*. 494. <https://doi.org/10.4067/s0718-04622006000200010>
- Baaka, N., Ticha, M. B., Haddar, W., Amorim, M. T. P., & Mhenni, M. F. (2018). Upgrading of UV protection properties of several textile fabrics by their dyeing with grape pomace colorants. *Fibers and Polymers*, 19(2), 307-312. <https://doi.org/10.1007/s12221-018-7327-0>

- Baiano, A. (2014). Recovery of biomolecules from food wastes—A review. *Molecules*, 19(9), 14821-14842. <https://doi.org/10.3390/molecules190914821>
- Balea, Ș. S., Pârvu, A. E., Pârvu, M., Vlase, L., Dehelean, C. A., & Pop, T. I. (2020). Antioxidant, anti-inflammatory and antiproliferative effects of the *Vitis vinifera* L. var. Fetească Neagră and Pinot Noir pomace extracts. *Frontiers in Pharmacology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fphar.2020.00990>
- Baldissera, M. D., Souza, C. F., Descovi, S. N., Verdi, C. M., Zeppenfeld, C. C., De Lima Silva, L., Gindri, A. L., Cunha, M. A., Santos, R. C., Baldisserotto, B., & Da Silva, A. S. (2019). Effects of dietary grape pomace flour on the purinergic signaling and inflammatory response of grass carp experimentally infected with *Pseudomonas aeruginosa*. *Aquaculture*, 503, 217-224. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.01.015>
- Barbacariu, C., Dîrvari, L., Șerban, D. A., Rîmbu, C. M., Horhoge, C. E., Dumitru, G., Todirașcu-Ciornea, E., Lungoci, C., & Burducea, M. (2024). Evaluating the use of grape pomace in *Cyprinus carpio* nutrition: Effects on growth, biochemistry, meat quality, microbiota, and oxidative status. *Fishes*, 9(6), 219. <https://doi.org/10.3390/fishes9060219>
- Barboza Marin, J. L. (2021). Determinación de fenoles totales y actividad antioxidante por DPPH, para vinos secos y semisecos provenientes del Alto Cumbaza.
- Birben, E., Sahiner, U. M., Sackesen, C., Erzurum, S., & Kalayci, O. (2012). Oxidative stress and antioxidant defense. *World allergy organization journal*, 5, 9-19.
- Brighenti, E., Casagrande, K., Cardoso, P. Z., Pasa, M. da S., Ciotta, M. N., & Brighenti, A. F. (2017). Total polyphenols contents in different grapevine varieties in highlands of southern Brazil. *BIO Web of Conferences*, 9, 01024. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20170901024>

- Canett Romero, R., Ledesma Osuna, A. I., Robles, S., Maribel, R., Morales Castro, R., León Martínez, L., & León Gálvez, R. (2004). Caracterización de galletas elaboradas con cascarilla de orujo de uva. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 54(1), 93-99.
- Carvajal, J. S. R., & Aulcy, L. V. (2017). Estudios sobre la industria vitivinícola en Baja California.
- Castromonte, M., Wacyk, J., & Valenzuela, C. (2020). Encapsulación de extractos antioxidantes desde sub-productos agroindustriales: Una revisión. *Revista Chilena de Nutrición*, 47(5), 836–847. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182020000500836>
- Cejudo Bastante, C., Arjona Mudarra, P., Fernández Ponce, M. T., Casas, L., Mantell, C., Martínez, E. J., & Pereyra, C. (2021). Application of a natural antioxidant from grape pomace extract in the development of bioactive jute fibers for food packaging. *Antioxidants*, 10(2), 216. <https://doi.org/10.3390/antiox10020216>
- Chacar, S., Hajal, J., Saliba, Y., Bois, P., Louka, N., Maroun, R. G., Faivre, J., & Fares, N. (2019). Long-term intake of phenolic compounds attenuates age-related cardiac remodeling. *Aging Cell*, 18(2). <https://doi.org/10.1111/acer.12894>
- Chakka, A. K., & Babu, A. S. (2022). Bioactive compounds of winery by-products: Extraction techniques and their potential health benefits. *Applied Food Research*, 2(1), 100058. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100058>
- Chien, A., Cheng, Y. C., Sheen, S. S., & Kirby, R. (2023). Dietary grape extract can, at an appropriate level, improve the growth performance and antioxidant activity of the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Frontiers in Marine Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1104870>
- Cholewinski, M., Pospolita, W., & Jesionek, K. (2017). The application of grape pomace as a solid biofuel in combustion technologies. In *The Publications of the MultiScience - XXXI. MicroCAD International Scientific Conference*. <https://doi.org/10.26649/musci.2017.070>

- Costa Pérez, A., Medina, S., Sánchez Bravo, P., Domínguez Perles, R., & García Viguera, C. (2024). Winery by-products are sources of macro-and micronutrients: nutritional identifying new valuable food ingredients. *Acta Horticulturae*, 1387, 261-268. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2024.1387.36>
- Coronado H, M., Vega Y León, S., Gutiérrez T, R., Vázquez F, M., & Radilla V, C. (2015). Antioxidantes: Perspectiva actual para la salud humana. *Revista Chilena de Nutrición*, 42 (2), 206-212. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182015000200014>
- Crosa, L. (2021). ¿Qué son los antioxidantes? *Ecocetics*. <https://www.ecocetics.com/respuestas-de-salud/vitaminas/antioxidantes/>
- Cunniff, P. (2023). *Official methods of analysis of AOAC INTERNATIONAL*. In *Oxford University Press eBooks*. <https://doi.org/10.1093/9780197610145.001.0001>
- ¿Cómo es el proceso de elaboración del vino? (2024). *Campus Internacional del Vino*. <https://www.campusdelvino.com/blog/item/79-proceso-elaboracion-vino>
- Del Atrio, M. (2024, 18 junio). ¿Qué son los polifenoles del vino y por qué son importantes? *Bodegas Marqués del Atrio*. <https://marquesdelatrio.com/blog/vino/polifenoles-vino/>
- De la Escalera Rodríguez, J. (2021). "Determinación de compuestos bioactivos en subproductos de vinificación." *idUS*.
- Domínguez, V. (1997). *Tratado de fertilización*.
- Dragomir, E., Doltu, M., Tănasă, V., Patriche, N., Dima, F., & Crivineanu, M. (2021). Effect of Paraprotex and the mixture of grape marc, cinnamon and clove on the carp (*Cyprinus carpio*) grown in RAS - recirculating aquaponic system. *Carpathian Journal of Food Science and Technology*, 116-132. <https://doi.org/10.34302/crpfst/2021.13.4.10>

Edible Santa Barbara Spring 2019. (2019). *Issue* 41.

https://issuu.com/ediblesb/docs/_esb_spring2019_issu/58

Estruch. (2023, 14 mayo). Metabolismo de compuestos fenólicos por bacterias lácticas del vino - Acenología. *Acenología*. https://www.acenologia.com/ciencia81_1/

Espinoza Rosales, Y. L. (2024). Análisis químico proximal y micronutrientes de los hollejos, residuos de la producción de pisco.

Fernández Agulló, A. (2021). Obtención de antioxidantes naturales a partir de residuos lignocelulósicos. *Minerva*. <http://hdl.handle.net/10347/26948>

Fernández Pachón, M. S., Villaño, D., Troncoso, A. M., & García Parrilla, M. C. (2006, junio). Revisión de los métodos de evaluación de la actividad antioxidante in vitro del vino y valoración de sus efectos in vivo. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222006000200002

Fer, A. A., Nakhi, Z. M., Zadeh, N. Sh., & Moghadam, M. Sh. (2020). El efecto del extracto de semilla de uva (*Vitis vinifera*) sobre las enzimas digestivas y la histología de la carpa común (*Cyprinus carpio*). *Pesca*, 73(3), 329-340. <https://doi.org/10.22059/jfisheries.2020.305947.1184>

Fonseca García, L., Calderón Jaimes, L. S., & Rivera, M. E. (2014). Actividad antioxidante y contenido de fenoles totales en café y subproductos del café producido y comercializado en Norte de Santander (Colombia). *Vitae*, 21(3), 228-236. <https://doi.org/10.17533/udea.vitae.17258>

Fontana, A. R., Antonioli, A., & Bottini, R. (2013). Grape pomace as a sustainable source of bioactive compounds: Extraction, characterization, and biotechnological applications of phenolics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(38), 8987-9003. <https://doi.org/10.1021/jf402586f>

- Francesca. (2024, 5 julio). Extracción de polifenoles durante el prensado de uvas Chardonnay en Borgoña, impacto de las operaciones. *New Infowine*. <https://www.infowine.com/es/extraccion-de-polifenoles-durante-el-prensado-de-uvas-chardonnay-en-borgona-impacto-de-las-operaciones-previas-al-prensado-y-consecuencias-en-el-deposito-de-desfangado/>
- Frankel, N., y Meyer, AS (2000). Los problemas de utilizar métodos unidimensionales para evaluar antioxidantes biológicos y alimentarios multifuncionales. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, 192
- Guerra Rivas, C. M., Gallardo García, B., Lavín González, P., Ruiz Mantecón, Á., & Manso Alonso, M. T. (2013). El orujo de uva en la alimentación del ganado ovino: Composición química, degradación de la materia seca, pH y N-NH₃ ruminal. Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/69543>
- FEDNA. (2020). Orujo de uva. http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/orujo-de-uva
- Harikrishnan, R., Devi, G., Van Doan, H., Balasundaram, C., Esteban, M. Á., & Abdel-Tawwab, M. (2021). Impact of grape pomace flour (GPF) on immunity and immune-antioxidant-anti-inflammatory genes expression in *Labeo rohita* against *Flavobacterium columnaris*. *Fish & Shellfish Immunology*, 111, 69-82. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2021.01.011>
- Hassan, Y. I., Kosir, V., Yin, X., Ross, K., & Diarra, M. S. (2019). Grape pomace as a promising antimicrobial alternative in feed: A critical review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(35), 9705-9718. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b02861>
- Halliwell, B., & Gutteridge, J. M. C. (2015). Free Radicals in Biology and Medicine. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198717478.001.0001>

- Ky, I., Lorrain, B., Kolbas, N., Crozier, A., & Teissedre, P.L. (2014). Wine by-products: Phenolic characterization and antioxidant activity evaluation of grapes and grape pomaces from six different french grape varieties. *Molecules*, *19*(1), 482-506. <https://doi.org/10.3390/molecules19010482>
- Lagoa, B., Campos, L., Silva, T., Moreira, M. J., Castro, L. M., Veloso, A. C., & Coelho Pinheiro, M. N. (2019). Winery wastes: A potential source of natural dyes for textiles. *CRC Press EBooks*, 69–74. <https://doi.org/10.1201/9780429289798-11>
- López Astorga, M., Molina Domínguez, C. C., Ovando Martínez, M., & Leon Bejarano, M. (2023). Orujo de uva: Más que un residuo, una fuente de compuestos bioactivos. *Epistemus (Sonora, México)/Epistemus*, *16*(33). <https://doi.org/10.36790/epistemus.v16i33.283>
- López Ortiz, E., Eulalio Arambúl Muñoz, Tinajero, A., Basílio, O., Luis Alonso Galindo Valdez, & María Teresa Viana. (2023). Effect of substitution of poultry by-product meal by bovine by-product meal on overall performance for *Litopenaeus vannamei*. *Animal Feed Science and Technology*, *303*, 115689. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2023.115689>
- Lowry, O., Rosebrough, N., Farr, A. L., & Randall, R. (1951). Protein measurement with the Folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry*, *193*(1), 265-275. [https://doi.org/10.1016/s0021-9258\(19\)52451-6](https://doi.org/10.1016/s0021-9258(19)52451-6)
- Markowski, J., Zbrzeźniak, M., Mieszczakowska-Frać, M., Rutkowski, K., & Popińska, W. (2012). Effect of cultivar and fruit storage on basic composition of clear and cloudy pear juices. *LWT*, *49*(2), 263-266. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.06.024>
- Madadian, E., Rahimi, J., Mohebbi, M., & Simakov, D. S. A. (2022). Orujo de uva como fuente de energía para la industria alimentaria: Un análisis termoquímico y cinético. *Procesamiento de Alimentos y Bioproductos*, *132*, 177–187. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2022.01.006>

- Mahmoodi, B., Aberoumand, A., Ziaei Nejad, S., & Seyyedi, S. (2023). Effects of diets containing grape pomace on the growth, nutrition indices, and the quality traits of common carp (*Cyprinus carpio*). *Food Science & Nutrition*, *11*(10), 6660–6669. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3614>
- Maluf, D. F., Gonçalves, M. M., D'Angelo, R. W. O., Girassol, A. B., Tulio, A. P., Pupo, Y. M., & Farago, P. V. (2018). Cytoprotection of antioxidant biocompounds from grape pomace: Further exfoliant phytoactive ingredients for cosmetic products. *Cosmetics*, *5*(3), 46. <https://doi.org/10.3390/cosmetics5030046>
- Malat'ák, J., Velebil, J., Malat'áková, J., Passian, L., Bradna, J., Tamelová, B., Gendek, A., & Aniszewska, M. (2022). Reducing emissions from combustion of grape residues in mixtures with herbaceous biomass. *Materials*, *15*(20), 7288. <https://doi.org/10.3390/ma15207288>
- Massaro, F. L., Junior, Bumbieris, V. H., Junior, Zanin, E., Pereira, E. S., Neumann, M., Galbeiro, S., Calixto, O. P. P., & Mizubuti, I. Y. (2022). Ensilado de orujo de uva (*Vitis labrusca* L. cv. Isabel) en la digestibilidad de nutrientes, balance de nitrógeno y comportamiento ingestivo de corderos. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, *12*(4), 1061-1082. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12i4.5820>
- Martínez Antequera, F., Molina-Roque, L., De las Heras, V., Mancera, J., Martos Sitcha, J., & Moyano, F. (2023b). Feed supplementation with winery by-products improves the physiological status of juvenile *Liza aurata* during a short-term feeding trial and hypoxic challenge. *Aquaculture Reports*, *31*, 101667. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2023.101667>
- Martínez Antequera, F. P., Simó-Mirabet, P., De las Heras, V., Román, M., Mancera, J. M., Martos-Sitcha, J. A., & Moyano, F. J. (2024). Grape pomace in diets for European sea bass: Influence on oxidative status, intestinal microbiota, and fillet quality. *Aquaculture International*. <https://doi.org/10.1007/s10499-024-01540-1>

- Mex Álvarez, R. M. J., Garma Quen, P. M., Maldonado Velázquez, M. G., Aguirre Crespo, F. J., Pantoja Bolio, F. M., & Núñez Pinto, Y. G. (2018). Contenido de polifenoles y actividad antioxidante de la Uva de Mar (*Coccoloba uvifera*). *Química Viva*, 14 (2), 1-17. ISSN 1666-7948. <http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar/v17n1/E0084.pdf>
- Monsen, E. R. (2000). Dietary reference intakes for the antioxidant nutrients. *Journal of the American Dietetic Association*, 100(6), 637-640. [https://doi.org/10.1016/s0002-8223\(00\)00189-9](https://doi.org/10.1016/s0002-8223(00)00189-9)
- Mollica, A., Scioli, G., Della Valle, A., Cichelli, A., Novellino, E., Bauer, M., Kamysz, W., Llorent Martínez, E. J., Fernández de Córdoba, M. L., Castillo-López, R., Ak, G., Zengin, G., Pieretti, S., & Stefanucci, A. (2021). Phenolic analysis and in vitro biological activity of red wine, pomace and grape seeds oil derived from vitis vinifera l. Cv. Montepulciano d'abruzzo. *Antioxidants*, 10(11), 1704. <https://doi.org/10.3390/antiox10111704>
- Noble, J. E., & Bailey, M. J. A. (2009). Lowry. In R. R. Burgess & M. P. Deutscher (Eds.), *Methods in enzymology* (pp. xx-xx). <https://doi.org/10.1016/C2009-0-01815-7>
- National Geographic España. (2023). ¿Qué son los alimentos antioxidantes? *National Geographic*.
- Niyamosatha, H., Chuchird, N., & Rairat, T. (2015). Effect of dietary polyphenol-rich feed additive from grape pomace on growth, survival, and tolerance to *Vibrio* infection in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Journal of Fisheries and Environment*, 39(2), 1-9. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/JFE/article/view/80527>
- Obi, F. O., Ugwuishiwu, B. O., & Nwakaire, J. N. (2016). Agricultural waste concept, generation, utilization and management. *Nigerian Journal of Technology*, 35(4), 957-964. <http://dx.doi.org/10.4314/njt.v35i4.34>
- Objetivos de Desarrollo Sostenible. (2015). ¿Qué son los Objetivos de Desarrollo Sostenible? *UNDP*.

- Ordaz Betzabe, S., Abadía García, L., Femat Díaz, A., & Mendoza Sánchez, M. (2022). Aprendiendo a revalorizar los subproductos y su aplicación en productos cárnicos. *Epistemus*, 16(33). <https://doi.org/10.36790/epistemus.v16i33.227>
- Ordoñez, E. S., Leon Arevalo, A., Rivera Rojas, H., & Vargas, E. (2019). Cuantificación de polifenoles totales y actividad antioxidante en cáscara y semilla de cacao (*Theobroma cacao* L.), tuna (*Opuntia ficus indica* Mill), uva (*Vitis vinifera*) y uvilla (*Pourouma cecropiifolia*). *Scientia Agropecuaria*, 10(2), 175–183. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.02.02>
- Perra, M., Bacchetta, G., Muntoni, A., De Gioannis, G., Castangia, I., Rajha, H. N., Manca, M. L., & Manconi, M. (2022). An outlook on modern and sustainable approaches to the management of grape pomace by integrating green processes, biotechnologies and advanced biomedical approaches. *Journal of Functional Foods*, 98, 105276. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105276>
- Peña, E., Badillo Zapata, D., Viana, M. T., & Correa Reyes, G. (2019). Use of grape pomace in formulated feed for the rainbow trout fry, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792). *Journal of the World Aquaculture Society*, 51(2), 542–550. <https://doi.org/10.1111/jwas.12669>
- Perez Ameneiro, M., Vecino, X., Vega, L., Devesa Rey, R., Cruz Freire, J. M., & Moldes, A. (2013). Elimination of micronutrients from winery wastewater using entrapped grape marc in alginate beads. *CyTA - Journal of Food*, 12, 73–79. <https://doi.org/10.1080/19476337.2013.797923>
- Perez, D. D., Leighton, F., Aspee, A., Aliaga, C., & Lissi, E. (2000). A comparison of methods employed to evaluate antioxidant capabilities. *Biological Research*, 33(2). <https://doi.org/10.4067/s0716-97602000000200006>
- Peng, K., Wang, G., Wang, Y., Chen, B., Sun, Y., Mo, W., Li, G., & Huang, Y. (2020). Condensed tannins enhanced antioxidant capacity and hypoxic stress survivability but not growth performance and fatty acid profile of juvenile Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*).

<https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2020.114671>

Peng, K., Zhou, Y., Wang, Y., Wang, G., Huang, Y., & Cao, J. (2020). Inclusion of condensed tannins in *Lateolabrax japonicus* diets: Effects on growth, nutrient digestibility, antioxidant and immune capacity and copper sulphate stress resistance. *Aquaculture Reports*, 18, 100525.

<https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100525>

Peng, K., Zhao, H., Wang, G., Chen, B., Mo, W., & Huang, Y. (2021). Effect of condensed tannins on growth performance, intestinal immune capacity and bacterial microbiomes of *Lateolabrax japonicus*. *Aquaculture Research*, 52(11), 5321–5331. <https://doi.org/10.1111/are.15402>

Pisoschi, A. M., Pop, A., Iordache, F., Stanca, L., Bileanu, L., & Serban, A. I. (2021). Antioxidant determination with the use of carbon-based electrodes. *Chemosensors*, 9(4), 72.

<https://doi.org/10.3390/chemosensors9040072>

Pulgar, R., Mandakovic, D., Salgado, P., Venegas, L., Ortiz, D., Peña Neira, Á., & Wacyk, J. (2021). Micro-encapsulated grape pomace extract (MGPE) as a feed additive improves growth performance, antioxidant capacity, and shifts the gut microbiome of rainbow trout.

Aquaculture, 544, 737129. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737129>

Puerta, A. (2002). *Elaboración de vino*. Soluciones Prácticas.

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 & Medicine, 26(9-10), 1231–1237. [https://doi.org/10.1016/s0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/s0891-5849(98)00315-3)

Riquelme, R., Berradre, M., Páez, G., Sulbarán, B., & Venezuela, M. (2013). Evaluación y control de polifenoles en mosto y vino tinto. *Revista Facultad Agronomía*, 30, 90–113.

Rodríguez, L. A., Toro, M. E., Vázquez, F., Correa Daneri, M. L., Gouiric, S. C., & Vallejo, M. D. (2010). Bioethanol production from grape and sugar beet pomaces by solid-state

fermentation. *International Journal of Hydrogen Energy*, 35(11), 5914–5917.

<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2009.12.112>

Rodriguez, S. (2020). Funciones de la vitamina A y disfunciones relacionadas con su carencia. *Tesis de licenciatura*. Universidad de Valladolid.

Rosas, V. T., Mureb, R. A., Monserrat, J. M., Wasielesky, W. Jr., & Tesser, M. B. (2022). Inclusion of grape bagasse (*Vitis* sp.) in the diet of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and its effects on growth and antioxidant system. *Aquaculture Research*, 53, 4805–4813.

<https://doi.org/10.1111/are.15972>

Rubio García, J. (2018). Extracción de compuestos bioactivos mediante pretratamiento con microondas de subproductos vitivinícolas: Valorización del raspón de la uva.

<https://uvadoc.uva.es/handle/10324/32083>

Sandoval Ramírez, B. A., Catalán, Ú., Pedret, A., Valls, R. M., Motilva, M. J., Rubió, L., & Solà, R. (2020). Exploring the effects of phenolic compounds to reduce intestinal damage and improve the intestinal barrier integrity: A systematic review of in vivo animal studies. *Clinical Nutrition*, 40(4), 1719–1732. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2020.09.027>

Schwarz K, Bertelsen G, Nissen LR, Gardner PT, Heinonen MI, Hopia A, Huynh BA T, Lambelet P, Mcpail D, Skibsted LH, Tijburg. Investigation of plant extracts for the protection of processed foods against lipid oxidation. Comparison of antioxidant assays based on radical scavenging, lipid oxidation and analysis of the principal antioxidant compounds. *Eur. Food Res. Technol.* 2001;212 (3): 319-328.

Secretaría de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2022). Producción de uva en México 2022. *SADER*. <https://www.gob.mx/siap/documentos/produccion-de-uva-en-mexico-2022>

- Segovia, A. F., Gómez, P. E., Lorenzo, M. E., Olivera, L. G., & Delgado, A. V. (2019). Determinación de polifenoles totales y actividad antioxidante en orujo de vid de las variedades Malbec y Torrontés Riojano. *Revista del Cizas*.
- Segura, C., Guerrero, C., Posada, E., Mojica, J., & Pérez, W. (2015). Caracterización de residuos de la industria vinícola del valle de Sáchica con potencial nutricional para su aprovechamiento después del proceso agroindustrial. In *Conference Paper* (pp. 1–7).
- Silva, M. L., Macedo, A. C., & Malcata, F. X. (2000). Review: Steam distilled spirits from fermented grape pomace. *Food Science and Technology International*, 6(4), 285–300. <https://doi.org/10.1177/108201320000600403>
- Silvestrini, A., Meucci, E., Ricerca, B. M., & Mancini, A. (2023). Total antioxidant capacity: Biochemical aspects and clinical significance. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(13), 10978. <https://doi.org/10.3390/ijms241310978>
- Spinei, M., & Oroian, M. (2021). The potential of grape pomace varieties as a dietary source of pectic substances. *Foods*, 10(4), 867. <https://doi.org/10.3390/foods10040867>
- Souza, C. F., Baldissera, M. D., Descovi, S. N., Zeppenfeld, C. C., Verdi, C. M., Santos, R. C., Da Silva, A. S., & Baldisserotto, B. (2019). Grape pomace flour alleviates *Pseudomonas aeruginosa*-induced hepatic oxidative stress in grass carp by improving antioxidant defense. *Microbial Pathogenesis*, 129, 271–276. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2019.02.024>
- Tamer, C. E., Ömeroğlu, P. Y., & Çopur, Ö. U. (2019). Functional and traditional nonalcoholic beverages in Turkey. In *Functional and Traditional Nonalcoholic Beverages* (pp. 483–521). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-815270-6.00015-3>
- Tarricone, S., Iaffaldano, N., Colonna, M. A., Giannico, F., Selvaggi, M., Jambrenghi, A. C., Cariglia, M., & Ragni, M. (2023). Effects of dietary red grape extract on the quality traits in juvenile

- European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Animals*, 13(2), 254.
<https://doi.org/10.3390/ani13020254>
- Terán Rivera, S. C., Del Mar Torres-Martínez, B., Torrescano Urrutia, G. R., Esqueda, M., Sánchez Escalante, A., & Vargas Sánchez, R. D. (2023). Residuos del procesamiento del fruto de café como fuente natural de antioxidantes para la industria cárnica. *Deleted Journal*, 26.
<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2023.540>
- Ticllahuanca Sayritupac, P. L. (2022). Compuestos fenólicos y actividad antioxidante de dos productos fermentados a partir de orujo del mosto de uva variedad borgoña negra. *Repositorio UWiener*. <https://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/20.500.13053/6773>
- Tomás, D. C. N. (2017). Efecto del tiempo de fermentación con orujos del mosto de uva negra criolla (*Vitis vinífera* L.) en el contenido de antocianos totales del vino tinto de Magollo, Tacna.
<https://repositorio.unjbg.edu.pe/items/2fc067b4-e9f0-4299-8615-b8d2b2814b3c>
- Vázquez Flores, A. A., Alvarez Parrilla, E., Ja, L., & De la Rosa, L. A. (2012). Taninos hidrolizables y condensados: Naturaleza química, ventajas y desventajas de su consumo. *Tecnociencia Chihuahua*, 6(2), 84–93.
- Valko, M., Leibfritz, D., Moncol, J., Cronin, M. T., Mazur, M., & Telser, J. (2006). Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *The International Journal Of Biochemistry & Cell Biology*, 39(1), 44-84. <https://doi.org/10.1016/j.biocel.2006.07.001>
- Venkatasamy, C., Zhao, L., Zhang, R., & Pan, Z. (2019). Chapter 6—Grapes. En Z. Pan, R. Zhang, & S. Zicari (Eds.), *Integrated processing technologies for food and agricultural by-products* (pp. 133–163). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814138-0.00006-X>
- Vilaplana, M. (2007). Antioxidantes presentes en los alimentos. Vitaminas, minerales y suplementos. *Offarm*, 26(10), 79–86.

- Wang, C. C., Chu, C. Y., Chu, K. O., Choy, K. W., Khaw, K. S., Rogers, M. S., & Pang, C. P. (2004). Trolox-Equivalent Antioxidant Capacity Assay Versus Oxygen Radical Absorbance Capacity Assay in Plasma. *Clinical Chemistry*, *50*(5), 952-954. <https://doi.org/10.1373/clinchem.2004.031526>
- Wittenauer, J., Mäckle, S., Sußmann, D., Schweiggert Weisz, U., & Carle, R. (2015). Inhibitory effects of polyphenols from grape pomace extract on collagenase and elastase activity. *Fitoterapia*, *101*, 179–187. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2015.01.005>
- Yu, J., Bansode, R. R., Smith, I. N., & Hurley, S. L. (2017). Impact of grape pomace consumption on the blood lipid profile and liver genes associated with lipid metabolism of young rats. *Food & Function*, *8*(8), 2731–2738. <https://doi.org/10.1039/C7FO00542C>
- Zapata, L. M., Gerard, L., Davies, C., & Schwab, M. del C. (2007). Estudio de los componentes antioxidantes y actividad antioxidante en tomates. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, *18*(35), 175–193. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14503507>