

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA

GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS



**“SUCRALOSA Y ESTEVIA COMO EDULCORANTES
ALTERNATIVOS EN ZUMO A BASE DE MAQUI
(*Aristotelia chilensis*)”**

UNIVERSITAS
Miguel Hernández

TRABAJO FIN DE GRADO

Julio-2022

Autora: Esther Torres Martínez

Tutores: Luis Noguera Artiaga

Paola Sánchez Bravo

RESUMEN

La creciente demanda de productos dulces, pero con bajo poder energético, ha llevado a los investigadores a explorar nuevos edulcorantes naturales y sintéticos como alternativas a la sacarosa. En este Trabajo Fin de Grado se han estudiado los edulcorantes sucralosa y estevia como sustitutivos del azúcar en zumos elaborados a base de naranja y maqui. Para conocer el efecto de los edulcorantes se han estudiado las propiedades fisicoquímicas, funcionales y sensoriales de los zumos. Los edulcorantes estudiados no modifican las propiedades fisicoquímicas de los zumos, pero sí tienen incidencia sobre el contenido de antocianinas y el contenido de compuestos aromáticos. La sucralosa es el edulcorante que mantiene la concentración de antocianinas del zumo inicial y, además, incrementa la valoración de los consumidores.

Palabras clave: análisis sensorial, antocianinas, compuestos volátiles, flavanonas, zumo de naranja.

ABSTRACT

The growing demand for sweet but low-energy products has led researchers to explore new natural and synthetic sweeteners as alternatives to sucrose. In this Final Degree Project, sucralose and stevia sweeteners have been studied as substitutes for sugar in juices made from orange and maqui. To know the effect of sweeteners, the physicochemical, functional, and sensory properties of juices have been studied. The sweeteners studied do not modify the physicochemical properties of the juices, but they do affect the content of anthocyanins and the content of aromatic compounds. Sucralose is the sweetener that maintains the concentration of anthocyanins in the initial juice and increases consumer acceptance.

Keywords: sensory analysis, anthocyanins, volatile compounds, flavanones, orange juice.

Quiero agradecer a mi tutor Luis Noguera por transmitirme su vocación y pasión por su trabajo y, en especial, por su ayuda y apoyo.

A mi co-tutora Paola Sánchez por haberme ayudado a realizar este Trabajo Fin de Grado y por permitirme realizar parte del análisis en el CEBAS-CSIC.

A mi familia por ofrecerme su apoyo incondicional.



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	6
1.1. HISTORIA	7
1.2. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA Y TAXONÓMICA	8
1.3. INFORMACIÓN NUTRICIONAL	9
1.4. PROCESO PRODUCTIVO	10
1.5. PRODUCCIÓN MUNDIAL	11
1.6. ZUMOS DE FRUTA	12
1.7. EDULCORANTES	13
1.8. COMPUESTOS VOLÁTILES	14
1.9. ANTOCIANINAS Y FLAVANONAS	15
1.10. ANÁLISIS SENSORIAL	16
2. OBJETIVOS	18
3. MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1. MATERIAL	21
3.2. CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA	22
3.3. ÁCIDOS ORGÁNICOS Y AZÚCARES	23
3.4. COMPUESTOS FENÓLICOS	24
3.5. COMPUESTOS VOLÁTILES	26
3.6. ANÁLISIS SENSORIAL AFECTIVO	29
3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	30
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1. CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA	32
4.2. ÁCIDOS ORGÁNICOS Y AZÚCARES	33
4.3. ANTOCIANINAS	35
4.4. FLAVANONAS	37
4.5. COMPUESTOS VOLÁTILES	38
4.6. ANÁLISIS SENSORIAL AFECTIVO	42
5. CONCLUSIONES	48
6. BIBLIOGRAFÍA	50

1. INTRODUCCIÓN



1.1. Historia

El maqui (*Aristotelia chilensis* (Mol.) Stuntz) pertenece a la familia *Eleocarpaceae* en el orden de *Oxalidales*. Es autóctono de los bosques de Chile y Argentina. Se distribuye desde la Región de Coquimbo hasta la de Aysén (Rodríguez, 1995). Se desarrolla principalmente en suelos húmedos y crece en lechos de cursos de agua.

Se comporta como especie pionera, colonizando terrenos quemados. Tiene una gran capacidad reproductora y se regenera fácilmente después del fuego, gracias a la presencia de yemas en la parte basal del vástago. Además, este cultivo se puede desarrollar en climas mediterráneos semiáridos y templados (Vogel *et al.*, 2005).

El fruto del maqui es una baya redonda de color negro brillante, de pulpa dulce (Figura 1). Este fruto posee un alto valor alimentario. El maqui ha sido reconocido por sus múltiples beneficios que son atribuidos a su alto contenido de polifenoles, así como también a su amplia variedad de antocianinas y flavonoides (Fredes *et al.*, 2012). La capacidad funcional de esta baya se ha relacionado con su alta concentración de antocianinas, la cual es responsable de su capacidad antioxidante.



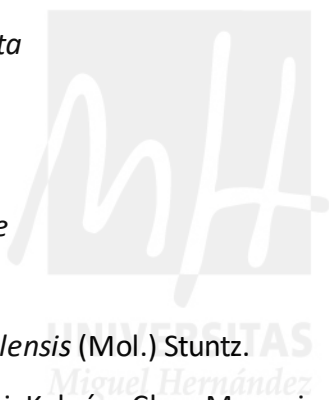
Figura 1. Fruto de *Aristotelia chilensis* (Mol.) Stuntz (Vivero El Maule, 2022).

Las hojas secas de maqui se utilizan en medicina popular como infusión para curar heridas. Además, para aliviar diarreas, calmar dolencias en la faringe e inflamación de amígdalas y aliviar úlceras bucales se utilizan las hojas frescas (Muñoz *et al.*, 2004). Cabe destacar su consumo en fresco, así como su uso como colorante alimentario natural desde finales del siglo XIX para la coloración del vino (Royal Botanic Gardens, 1890).

1.2. Descripción botánica y taxonómica

Según Thorne (1992), Strasburger *et al.*, (1994) y Hoffman (1997), el maqui se clasifica de la siguiente forma:

- Reino: *Plantae*
- División: *Magnoliophyta*
- Clase: *Magnoliopsida*
- Orden: *Oxalidales*
- Familia: *Eleocarpaceae*
- Género: *Aristotelia*
- Especie: *Aristotelia chilensis* (Mol.) Stuntz.
- Nombre común: Maqui, Koleón, Clon, Maquei



Es un árbol pequeño perteneciente a la familia *Eleocarpaceae*, esta familia posee 10 géneros y alrededor de 400 especies en el mundo, que se distribuyen en regiones tropicales y templadas del mundo. Es un árbol perenne y dioico, que aporta materia orgánica al suelo. Esta especie puede alcanzar entre 4 o 5 metros de altura en lugares abiertos (Hoffmann, 1982).

En cuanto a las características morfológicas el maqui presenta un tronco grisáceo y delgado con corteza lisa. Sus hojas son simples y opuestas con borde aserrado y forma oval-lanceolada (Figura 2). Sus flores son pequeñas (5-6 mm), masculinas y femeninas y tienen un color amarillo (Cárdenas, 1998, Cabello, 2003). Sus flores se diferencian en flores femeninas y masculinas. Las flores femeninas presentan un ovario grueso y

verdoso, mientras que, las flores masculinas están rodeadas de gran cantidad de estambres y presentan un ovario mucho menor (Hoffmann, 1997).

Se encuentra preferentemente en suelos con abundante materia orgánica y humedad. El maqui florece desde el mes de octubre hasta principios de noviembre y los frutos maduran entre diciembre y enero, alcanzando una coloración negra (Rodríguez *et al.*, 1983).



Figura 2. *Aristotelia chilensis* (Mol.) Stuntz (Vivero El Maule, 2022).

1.3. Información nutricional

El maqui es un fruto que tiene un porcentaje de humedad medio (45 %), si lo comparamos con frutos del mismo perfil alimentario, como la fresa (90 %), arándano (88 %) o mora (85 %).

Tiene un contenido calórico de 232 kcal/ 100 g, debido principalmente a su cantidad de hidratos de carbono (47 g/ 100 g). En cuanto al contenido en minerales, es

un fruto caracterizado por ser fuente de potasio (Reglamento (CE) Nº 1925/2006), ya que contiene ~300 mg de este mineral por cada 100 g de producto (Tabla 1).

El maqui aporta 3,2 g de proteínas y 1,3 g de fibra dietética por cada 100 g por cada 100 g. En cuanto al contenido en grasa, esta representa 3,5 g por cada 100 g de maqui.

Tabla 1. Composición nutricional de 100 g de maqui.

Componente	Valor	Unidad	Referencia
Energía total	232	kcal/100 g	
Grasa total	3,5	g/100 g	Garrido Makinistian <i>et al.</i> , 2019
Hidratos de carbono	47,0	g/100 g	Rodríguez <i>et al.</i> , 2016
Fibra dietética total	1,3	g/100 g	Rodríguez <i>et al.</i> , 2016
Proteína total	3,2	g/100 g	Rodríguez <i>et al.</i> , 2016
Agua	45,0	g/100 g	Rodríguez <i>et al.</i> , 2016
Minerales			
Calcio	87	mg/100 g	Peña Araos, 2015
Fósforo	44	mg/100 g	Peña Araos, 2015
Hierro	30	mg/100 g	Peña Araos, 2015
Potasio	300	mg/100 g	Peña Araos, 2015

1.4. Proceso productivo

Entre los productos elaborados con maqui más relevantes a nivel industrial se encuentran las mermeladas y los zumos elaborados como mezcla de varias frutas.

Además, durante los últimos años, ha ido adquiriendo un mayor protagonismo la elaboración de maqui liofilizado, para su uso como ingrediente alimentario o reconstituido en la elaboración de zumos. La liofilización es una técnica de conservación de alimentos que consiste en un proceso de secado cuyo principio consiste en la

sublimación, fenómeno mediante el cual la materia pasa del estado sólido al estado gaseoso sin pasar por el estado líquido (Searles, 2013). Es un proceso muy utilizado desde hace muchos años en otros productos con el fin de conservar sus propiedades funcionales y organolépticas, como el café o el té.

La liofilización consta de tres fases: (i) fase de pre congelación, (ii) fase de sublimación y, (iii) fase de desorción. Las ventajas que presenta la liofilización, frente a métodos de secado tradicionales, son las siguientes:

- No existe riesgo de oxidación.
- La duración de conservación es muy alta.
- La humedad residual es muy baja (<2 %).
- No hay agua libre, por lo que no hay peligro de hidrólisis ni de crecimiento bacteriano.



1.5. Producción mundial

Chile es el principal productor de maqui en el mundo. En los últimos 20 años se han incrementado exponencialmente las exportaciones, desde 10 t en el año 1996 a 433 t en el año 2016 (ODEPA, 2017). Dentro de los principales mercados internacionales de maqui en la actualidad se encuentran Japón, Corea del Sur, Italia, Estados Unidos, Alemania, Australia, Dinamarca, Francia, Brasil, Argentina y Suiza (Romo, 2016). En Chile se cosechan cerca de 1000 toneladas de maqui al año, de este volumen, alrededor de 800 toneladas se cosechan entre las regiones del Biobío y Los Lagos y el 20 % restante se colecta en la Región de Aysén, principalmente en la comuna de Aysén. (Salinas y Caballé, 2020).

El mercado actual del maqui en Chile comprende industrias locales donde se procesa maqui para zumo, maqui en polvo o en otros formatos. En el mercado internacional, el maqui es exportado a granel, congelado, deshidratado, en polvo o como jugo concentrado (Salinas *et al.*, 2012).

1.6. Zumos de fruta

La industria de zumos genera en España en torno a 4000 puestos de trabajo y es una de las empresas líderes europeas en cuanto a volumen de exportaciones. Esto es debido a que se dispone de la capacidad de producción de fruta durante todo el año, gracias a las gran cantidad de variedades y cultivares (Marqués Ávila, 2019).

Según el Real Decreto 781/2013 existen 6 tipos de bebidas elaboradas a partir de fruta que se engloban dentro de lo que se conoce, popularmente, como zumo de fruta:

1. Zumo de frutas: producto susceptible de fermentación, pero no fermentado, obtenido a partir de las partes comestibles de frutas sanas y maduras, frescas o conservadas por refrigeración o congelación, de una o varias especies mezcladas, que posea el color, el aroma y el sabor característicos del zumo de la fruta de la que procede.
2. Zumo de fruta a partir de concentrado: el producto obtenido al reconstituir zumo de fruta concentrado con agua potable.
3. Zumo de fruta concentrado: producto obtenido a partir de zumo de una o varias especies de frutas por eliminación física de una parte determinada del agua.
4. Zumo de fruta extraído con agua: producto obtenido por difusión en agua de fruta pulposa entera o fruta entera deshidratada.
5. Zumo de fruta deshidratado/en polvo: producto obtenido a partir de zumo de una o varias especies de fruta por eliminación física de la práctica totalidad del agua.
6. Néctar de fruta: producto susceptible de fermentación, pero no fermentado que: se obtenga por adición de agua con o sin adición de azúcares a los productos anteriores (puntos 1 a 5) y/o al puré de fruta concentrado y/o a la mezcla de estos productos y sea conforme un contenido mínimo de fruta especificado para cada una de estas.

1.7. Edulcorantes

Entre los macronutrientes, los carbohidratos proporcionan del 40 al 80 % de la ingesta total de energía. En los alimentos, los carbohidratos se pueden encontrar como azúcares libres y no libres. Los azúcares no libres están naturalmente presentes dentro de la estructura celular, por ejemplo, el azúcar en las frutas y verduras, los carbohidratos ricos en almidón en los cereales, la lactosa en los productos lácteos, etc., como monosacáridos (glucosa, fructosa) y disacáridos; mientras que los azúcares libres son los que se adicionan a los alimentos para mejorar sus propiedades organolépticas y estructurales (Castro-Muñoz *et al.*, 2022).

La creciente demanda de productos dulces, pero con bajo poder energético ha llevado a los investigadores a explorar nuevos edulcorantes naturales y sintéticos como alternativas a la sacarosa (Saraiva *et al.*, 2020). En esta línea se han propuesto y estudiado nuevas posibilidades para atender esta demanda, como el xilitol, eritritol, maltosa, maltodextrina, estevia, melaza, jarabe de arce, azúcar de coco, néctar de agave y azúcar de dátiles (Valle *et al.*, 2020).

En general, los edulcorantes artificiales tienen un contenido calórico muy bajo y un dulzor intenso, lo que los hace atractivos tanto para los consumidores como para los fabricantes de alimentos. Sin embargo, estos edulcorantes no calóricos tienen un valor nutricional mínimo.

La sucralosa es un edulcorante no calórico (no se descompone en el cuerpo) y tiene un poder edulcorante de ~600 veces más dulce que la sacarosa. Es estable a muchas condiciones de temperatura y pH, lo que la convierte en una opción óptima para un gran número de aplicaciones industriales. Sin embargo, algunos estudios señalan que interfiere con los procesos digestivos y puede aumentar los niveles de glucosa e insulina en el organismo, aumentando el riesgo de aumento de peso y diabetes (Khamise *et al.*, 2020).

Existen unas 230 especies de plantas de estevia y, de entre estas, *Stevia rebaudiana* y *Stevia phlebophylla* presentan un sabor dulce debido a la alta concentración de glucósidos de esteviol que contienen (~4–20 % del peso seco de las hojas). Los glucósidos de esteviol muestran una intensidad de dulzor de entre 40 y 450 veces más alta que la sacarosa. La cantidad de estos compuestos en la planta varía según las condiciones climáticas, ambientales y de crecimiento (Bursac Kovačević *et al.*, 2018).

1.8. Compuestos volátiles

Cuando ingerimos un alimento, el sabor percibido es fruto de la sinergia resultante de la interacción de tres percepciones fundamentales: los sabores básicos, las sensaciones trigeminales y el olor. La suma de estas tres sensaciones se define como sabor.

El olor aporta en torno a tres cuartas partes de la percepción global del sabor, quedando los sabores básicos y sensaciones trigeminales relegadas a un segundo plano (López-Mascaraque y Alonso, 2017). Esto es debido a la gran cantidad y complejidad de sustancias aromáticas que somos capaces de percibir a través del órgano olfativo. En el caso del ser humano está demostrado que somos capaces de percibir más de 1 billón de compuestos aromáticos o estímulos olfativos (Bushdid *et al.*, 2014), mientras que únicamente percibimos 5 sabores básicos (dulce, ácido, salado, amargo y umami) y unas pocas sensaciones trigeminales (aquellas que definimos como textura o sensaciones somatosensoriales, como la astringencia o calor).

Por este motivo, los compuestos aromáticos son uno de los factores más determinantes a la hora de medir la calidad sensorial de un producto y, específicamente, cuando hablamos de frutas y/o derivados, como es el caso de los zumos. Pequeñas variaciones en la concentración de sus compuestos principales pueden provocar grandes cambios en la percepción del sabor global del producto. Más aún, si se tiene en cuenta que para cada una de estas sustancias cada persona tiene un umbral de detección distinto y una predisposición genética única.

1.9. Antocianinas y flavanonas

Los flavonoides constituyen un amplio grupo de compuestos fenólicos procedentes del metabolismo secundario de los vegetales. Dentro de la amplia gama de efectos que se les atribuye, destaca su efecto antioxidante. La acción antioxidante de los flavonoides depende principalmente de su capacidad de reducir radicales libres y quelar metales, impidiendo las reacciones catalizadoras de los radicales libres (López Luengo, 2002).

Los flavonoides se clasifican a partir de sus variaciones estructurales. Las principales subclases que se engloban dentro de estos compuestos son: flavonoles, flavonas, flavanonas, isoflavonas, antocianidinas y flavanoles (Figura 3).

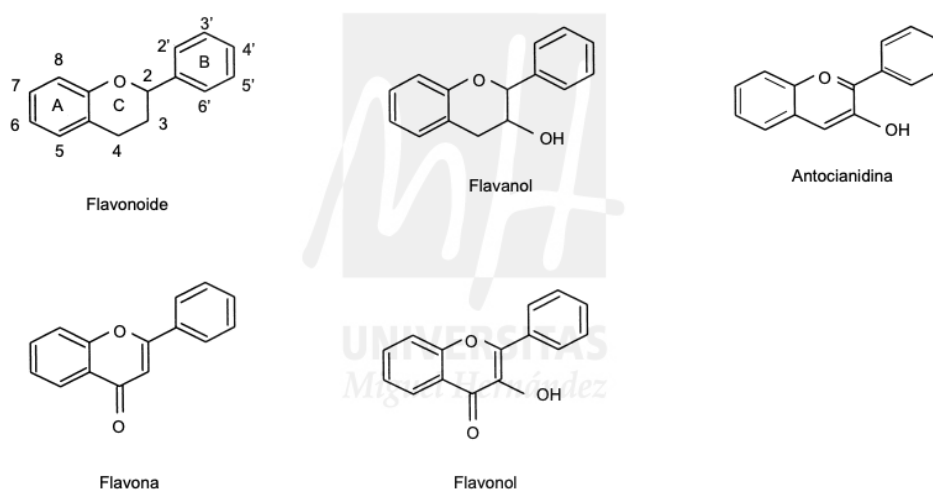


Figura 3. Subclases de flavonoides.

El maqui es una de las bayas exóticas más saludables, debido a su concentración particularmente alta de polifenoles bioactivos (Escribano-Bailon *et al.*, 2006, Cespedes *et al.*, 2008, Cespedes *et al.*, 2009, Schreckinger *et al.*, 2010).

Las antocianinas (del griego *anthos* flor y *kyanos* azul), son el grupo más importante de pigmentos solubles al agua visibles para el ojo humano. Las antocianinas proporcionan tonos rojos, violetas y azules a diferentes órganos y tejidos de muchas especies de plantas (Strack y Wray, 1994), desempeñan diversas funciones en la planta,

incluida la atracción de insectos y animales para la polinización y dispersión de semillas (Garzón, 2008). Además, estos pigmentos tienen potentes propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, y su consumo ha demostrado tener efectos beneficiosos en la salud humana, con respecto a la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares y algunos tipos de cáncer, la mejora de la regulación de la glucosa y la ayuda en la prevención de trastornos neurológicos (Joseph *et al.*, 2005).

1.10. Análisis sensorial

El análisis sensorial se considera una herramienta del control de calidad de la empresa. Se enfoca en la evaluación, análisis y control tanto del proceso de fabricación, como del producto o del mercado en el que se incide. Para conocer tanto las características como la aceptabilidad de un producto el papel de la evaluación sensorial tiene una gran importancia en prácticamente todas las etapas de producción y desarrollo de la industria alimentaria. Científicos, químicos, ingenieros, tecnólogos y matemáticos, unen sus esfuerzos para medir las propiedades de un producto y su relación con su aceptación y uso por parte del consumidor (Sancho *et al.*, 1999).

El análisis sensorial tiene un campo de aplicaciones muy amplio y puede ser utilizado en distintos departamentos en los que se incluye producción, ventas, control de calidad y desarrollo de un producto de una industria agroalimentaria.

En primer lugar, es necesario saber la caracterización sensorial y su relación con las características fisicoquímicas del producto para definir su perfil y para posteriormente, saber si se satisfacen las demandas del consumidor, así como para saber cuáles son los atributos que más influyen en su aceptabilidad (Ibañez y Barcina, 2000).

Por otra parte, la calidad es un término complejo y complicado de definir. Una vez aseguradas la calidad nutricional y sanitaria, la calidad sensorial y la aceptabilidad por el

consumidor pueden ser evaluadas en primer lugar controlando sensorialmente la calidad de la materia prima, las condiciones de la producción y el almacenamiento. Los avances tecnológicos han permitido que muchas pruebas y procedimientos sobre la calidad de un producto se puedan llevar a cabo con instrumentos analíticos. No obstante, hay cierta información deseada que no puede ser medida más que por los sentidos (Ibañez y Barcina, 2000).



2. OBJETIVOS



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

El objetivo del presente Trabajo Fin de Grado es estudiar el efecto de los edulcorantes (sucralosa y estevia) como sustitutivos del azúcar en zumos elaborados a base de naranja y maqui, mediante la evaluación de su calidad física, química, funcional y sensorial.



3. MATERIALES Y MÉTODOS

UNIVERSITAS
Miguel Hernández

3.1. Material

Los zumos se elaboraron empleando, como base, zumo de naranja (naranjas recién exprimidas de la variedad Navel Late) al que se le añadió maqui liofilizado. Una vez homogeneizado el producto, se separó en 4 lotes: 1 lote control y 3 lotes con distintos edulcorantes (estevia, sucralosa y sacarosa). La cantidad añadida de cada uno de estos edulcorantes se varió para equiparar su poder edulcorante (Tabla 2). Una vez elaborados los zumos se guardaron en envases de vidrio de 1 L de capacidad (Figura 4) y se mantuvieron en refrigeración hasta el momento de los análisis, que tuvieron lugar en los 3 días posteriores a su elaboración.

Tabla 2. Composición de los zumos de maqui edulcorados.

Ingrediente	Control	Estevia	Sucralosa	Sacarosa
Maqui	20 g/L	20 g/L	20 g/L	20 g/L
Edulcorante	---	40 mg/L	40 mg/L	70 g/L



Figura 4. Zumos de maqui (control, estevia, sucralosa y sacarosa) y zumo de naranja.

3.2. Caracterización fisicoquímica

El contenido de sólidos solubles (SST) se midió empleando un refractómetro digital Hanna HI96801 (Hanna Instruments, EE. UU.) (Figura 5). Los resultados se expresaron como contenido en °Brix.

La acidez titulable y el pH se midieron empleando un potenciómetro ácido-base (877 Titrino plus, Metrohm ion analyses CH9101, Herisau, Suiza), usando NaOH a una concentración de 0,1 mol/L hasta pH de 8.1 (Figura 5). Para la determinación, las muestras de zumo se diluyeron 1:10 con agua ultrapura. Los resultados obtenidos se expresaron como gramos de ácido cítrico/L.

Para medir el color se empleó un colorímetro Minolta CR-300 (Osaka, Japón) provisto de un iluminante D65 y un observador estándar de 10 ° (Figura 5). El color se midió empleando el aplique de líquidos CR-A70 (Minolta Camera Co. Osaka, Japón). Los resultados se muestran de acuerdo con las coordenadas L^* (luminosidad), a^* (rojo-verde), b^* (azul-amarillo), C^* (Croma, $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$) y h° (tono, $h^\circ = \arctg(b^*/a^*)$).



Figura 5. Medición de acidez, pH, °Brix y color.

3.3. Ácidos orgánicos y azúcares

La identificación y cuantificación de ácidos orgánicos y azúcares se realizó de acuerdo con el método descrito por Hernández *et al.* (2016). Las muestras de zumo se centrifugaron a 10480 rfc durante 5 min a 4 °C y el sobrenadante se filtró empleando un filtro de 0,45 µm. Una vez filtrado, se trasvasó a viales de cromatografía de 2,5 mL y se analizó en el mismo día mediante la técnica de análisis de cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC, por sus siglas en inglés).

Se utilizó un cromatógrafo HP Series 1100 (Hewlett-Packard, EE. UU.) provisto de una columna Supelcogel C-610H (30 cm x 7,88 mm) y una precolumna Supelcoguard (5 cm x 4,6 mm) (Figura 6). Se inyectaron 10 µL de muestra y se empleó un detector de matriz de diodos (*diode-array*) a 210 nm para la determinación de los ácidos orgánicos y un detector de índice de refracción para la determinación de los azúcares. Los resultados, tanto para los ácidos orgánicos y azúcares, se expresaron como g en 100 mL de zumo.

Se prepararon rectas de calibrado de ácidos y azúcares patrón para la identificación y cuantificación de compuestos (Tabla 3), todas ellas con $r^2 > 0,998$.



Figura 6. Cromatógrafo Hewlett-Packard Series 1100.

Tabla 3. Tiempos de retención (min) de los patrones empleados en el análisis de ácidos orgánicos y azúcares.

Ácido orgánico	Tiempo de retención	Azúcar	Tiempo de retención
Fítico	7,936-7,951	Maltosa	11,053-11,057
Oxálico	8,981-9,581	Sacarosa	11,073-11,078
Maléico	11,610-11,630	Lactosa	11,354-11,355
Cítrico	11,940-12,010	Maltitol	11,669-11,680
Isocítrico	12,160-12,180	Glucosa	13,035-13,045
Tartárico	12,690-12,750	Manosa	13,894-13,904
Málico	14,210-14,220	Xilosa	13,900-13,910
Malónico	14,630-14,760	Manitol	14,373-14,391
Quínico	14,750-14,770	Galactosa	14,073-14,077
Ascórbico	14,801-14,808	Fructosa	14,240-14,251
Shikímico	17,780-17,830	Galactitol	14,653-14,656
Succínico	17,780-17,810	Sorbitol	14,658-14,666
Láctico	17,840-17,850	Ribitol	15,043-15,045
Fórmico	19,510-19,540	Arabinosa	15,339-15,342
Acético	21,250-21,310	Arabitol	15,491-15,504
Fumárico	23,030-23,130	Ribosa	15,663-15,669
Propiónico	25,320-25,410	Xilitol	15,902-15,903
Isobutírico	29,070-29,340	Eritritol	16,434-16,438
Butírico	32,000-31,870	Glicerol	18,570-18,573

3.4. Compuestos fenólicos

La identificación y cuantificación de compuestos fenólicos se realizó siguiendo el método descrito por Salar *et al.* (2020). Se centrifugaron 2 mL de muestra en una centrífuga (modelo Sigma 1–13, B. Braun Biotech International, Osterode, Alemania) a 10480 rfc durante 5 min a 15 °C. El sobrenadante se filtró a través de un filtro de PVDF (fluoruro de polivinildieno) de 0,45 mm (Millex HV13, Millipore, Burlington, MA, EE. UU.) y fue analizado por HPLC-DAD-ESI/MSn y RP-HPLC-DAD para la identificación y cuantificación, respectivamente.

Los análisis de HPLC-DAD-ESI/MSn se realizaron utilizando un Agilent Serie HPLC 1100 equipado con un detector de matriz de fotodiodos y un detector de masas (Agilent Technologies, Waldbronn, Alemania). Para la identificación de compuestos fenólicos, se adquirieron datos de espectrometría de masas en los modos de ionización positiva y negativa para antocianinas y otros compuestos fenólicos, respectivamente.

Los compuestos fenólicos de las muestras fueron identificados y cuantificados por cromatografía líquida empleando una columna Luna 5 m C18, 100 Å (250 x 4,6 mm) y una precolumna Security Guard Cartridges PFD C18 4 x 3,0 mm, ambas suministradas por Phenomenex (Torrens, California, EE. UU.). La separación cromatográfica fue realizada con ácido fórmico al 5 % (disolvente A) y metanol (disolvente B).

Se empleó un gradiente lineal (min, % disolvente B): 0, 15 %; 20, 30 %; 30, 40 %; 35, 60 %; 40, 90 %; 44, 90 %, y vuelta a las condiciones iniciales, dejando 10 min para la estabilización de la columna. La cuantificación se realizó mediante una comparación con estándares puros y su espectro de máxima absorbancia a una longitud de onda emitida (280 nm para flavanonas y 520 nm para antocianinas) mediante un HPLC Agilent Technologies 1220 Infinity LC equipado con un autoinyector (G1313, Agilent Technologies, Santa Clara, California, EE. UU.) y un detector de matriz de diodos (1260, Agilent Technologies, Santa Clara, California, EE. UU.).

Los estándares utilizados fueron hesperidina y cianidina 3-*O*-glucósido (Sigma-Aldrich). Las flavanonas se cuantificaron como hesperidina y las antocianinas como cianidina 3-*O*-glucósido. Para la cuantificación de antocianinas se realizó una recta patrón con concentraciones de 0,008 a 0,25 mM de cianidina 3-*O*-glucósido (Figura 7) y para la cuantificación de flavanonas se emplearon concentraciones de 0,016 a 0,25 mM de hesperidina (Figura 8). La concentración de flavanonas y antocianinas se expresó en mg por 100 mL de zumo.

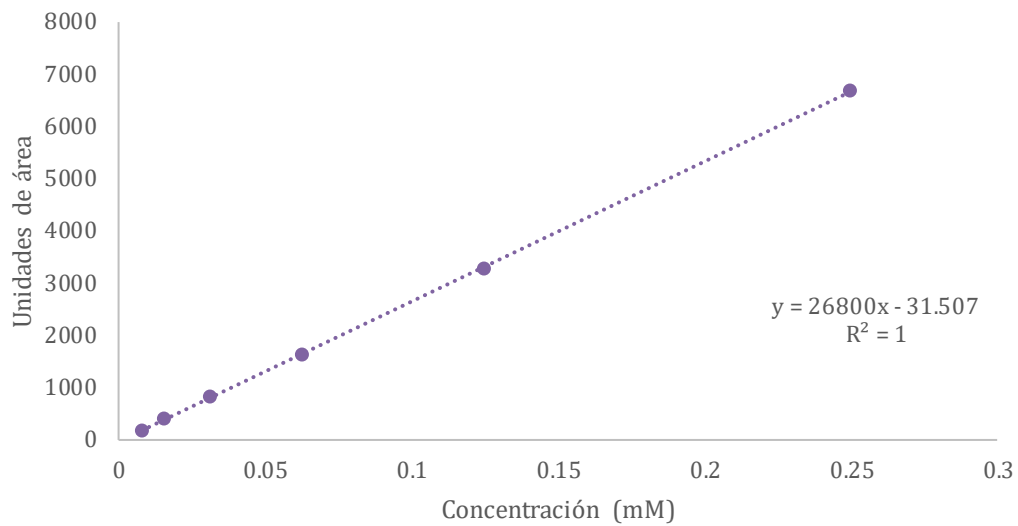


Figura 7. Recta de calibrado de antocianinas (mM).

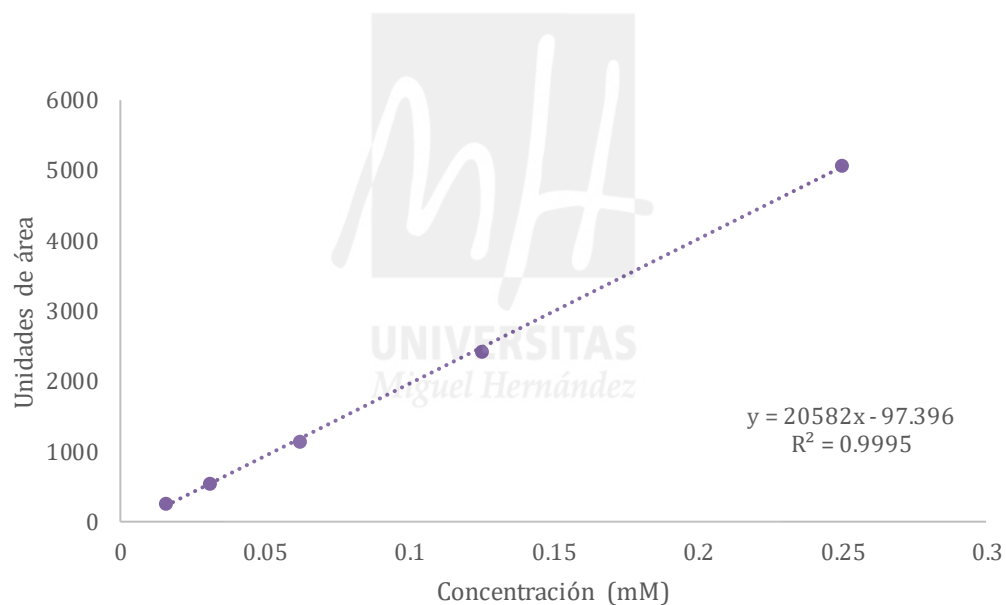


Figura 8. Recta de calibrado de flavanonas (mM).

3.5. Compuestos volátiles

Los compuestos orgánicos volátiles presentes en las muestras de zumo se analizaron de acuerdo con el procedimiento descrito por Sánchez-Bravo *et al.*, 2022. La extracción se realizó siguiendo el método de microextracción en fase sólida del espacio

de cabeza (HS-SPME, por sus siglas en inglés) empleando una fibra de extracción Supelco 50/30 mm DVB/CAR/PDMS (Divinilbenceno/Carboxeno/Polidimetilsiloxano) (Figura 9). Se añadieron 10 mL de zumo directamente a un vial de cromatografía de 20 mL de capacidad. La fibra quedó expuesta al espacio de cabeza del vial de cromatografía durante 30 min a 37 °C, con el fin de simular las condiciones de temperatura que sufren estos productos cuando los analizamos en la cavidad bucal. Durante todo el tiempo la muestra se agitó a 300 rpm.

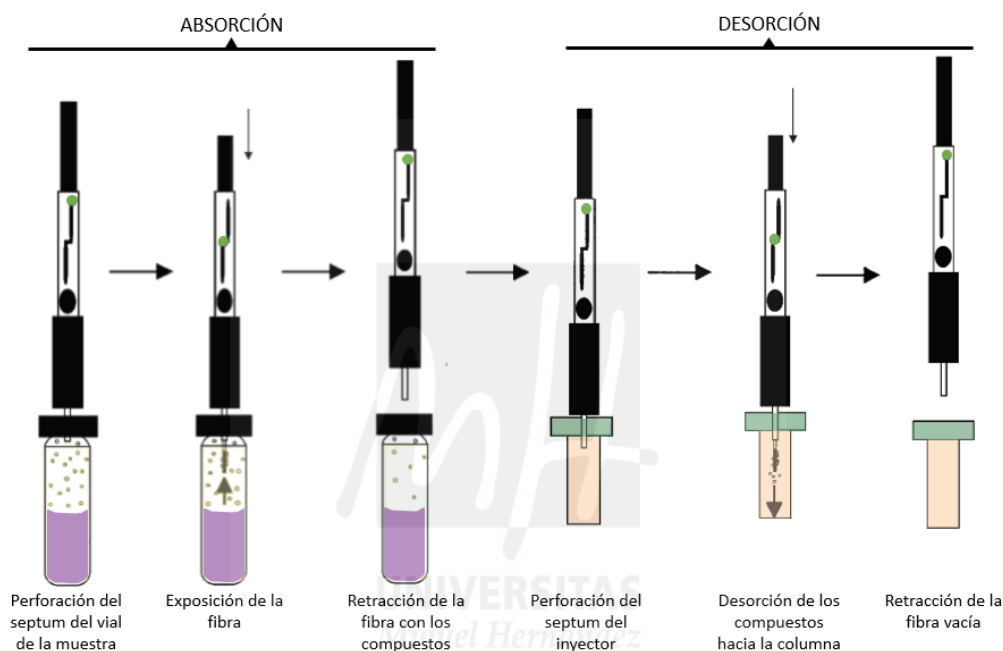


Figura 9. Método de extracción HS-SPME.

Una vez extraídos los compuestos y absorbidos en la fibra, se analizaron en un cromatógrafo de gases Shimadzu GC2030 acoplado a un espectrómetro de masas Shimadzu TQ8040NX (Figura 10), provisto de una columna Sapiens X5MS (Teknokroma, Barcelona, España) de 30 m de longitud, 0,25 mm de diámetro interno y 0,25 μm de espesor. Para estos análisis, el espectrómetro de masas funcionó como un cuadrupolo simple (Q3, SCAN). El programa de temperaturas del cromatógrafo fue el siguiente:

1. Temperatura inicial de 40 °C mantenida durante 5 min
2. Rampa de 2 °C /min hasta 140 °C
3. Rampa de 5 °C /min hasta 210 °C
4. Rampa de 20 °C /min hasta 230 °C y mantenidos 10 min.

La presión en cabeza de columna fue de 50 kPa con una velocidad lineal constante de 36 cm/s y un flujo total en columna de 1 mL/min. Las temperaturas del inyector, fuente de iones e interfase fueron de 230, 230 y 280 °C, respectivamente. Se empleó un método de inyección mediante *split* 1:10.

Para la identificación de los compuestos se emplearon bibliotecas de espectros de masas (NIST14 y Wiley 228) y un patrón interno de concentración (acetato de isoamilo, 1000 ppm). Se calcularon los índices de retención empleando estándares de alcanos comerciales (C6–C20) y se compararon con los índices de retención publicados en bibliografía. Tan solo aquellos compuestos que presentaron un índice de similitud en su espectro de masas superior al 90 % y desviaciones en su índice de retención no mayores a 10 unidades fueron considerados como identificados.



Figura 10. Cromatógrafo de gases Shimadzu GC2030 acoplado a un espectrómetro de masas TQ8040NX.

3.6. Análisis sensorial afectivo

Para conocer la opinión del consumidor sobre los zumos elaborados con distintos edulcorantes se realizó un estudio afectivo en el que participaron 70 consumidores habituales de zumos. El estudio se llevó a cabo en la sala de catas de la Escuela Politécnica Superior de Orihuela de la Universidad Miguel Hernández de Elche. Esta tiene una capacidad de 15 puestos (cabinas de cata normalizadas de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 8589:2010). La sala de catas tenía luz natural y fluorescente y una temperatura controlada de 22 °C.

Los participantes recibieron las muestras codificadas con códigos de 3 dígitos escogidos al azar y ordenados aleatoriamente de acuerdo con el método del cuadrado latino, para prevenir y reducir el error provocado por el efecto fatiga. Todos los panelistas tenían a su disposición agua osmotizada y colines/picos (sin sal) para limpiar el paladar entre muestras.

El cuestionario empleado recogía preguntas sobre el grado de satisfacción de los siguientes descriptores:

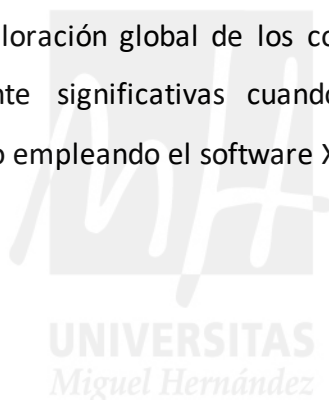
- Visual
 - Color
 - Aspecto general
- Olor
 - Olor general
 - Olor a cítrico
 - Olor herbal
- Sabor
 - Sabor general
 - Sabor cítrico
 - Dulzor
 - Acidez
 - Amargor
- Astringencia
- Postgusto
- Aceptación global

Además, se recogieron datos sobre la edad, género, personas que conforman la unidad familiar y los ingresos de esta.

El estudio se realizó empleando tabletas electrónicas para la recolección de datos y el programa informático Redjade (RedJade Sensory Solutions, California, EE. UU.).

3.7. Análisis estadístico

Los datos obtenidos en este Trabajo Fin de Grado son los valores medios de 3 repeticiones. Para la obtención de estos se realizaron análisis de varianza de una vía (ANOVA), pruebas de rangos múltiples de Tukey para hacer una comparación de las medias obtenidas y análisis de penalizaciones para conocer los descriptores que más influencia tienen sobre la valoración global de los consumidores. Las diferencias se consideraron estadísticamente significativas cuando $p < 0,05$. Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo empleando el software XLSTAT (versión 2014.1).



4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

UNIVERSITAS
Miguel Hernández

4.1. Caracterización fisicoquímica

En el caso de sólidos solubles totales (°Brix), como era de esperar, la muestra que tenía añadida la sacarosa fue la que mayor contenido de SST presentó (18,8 °Brix), mientras que el resto de las muestras tuvo valores significativamente más bajos (~10 °Brix) (Tabla 4). Este resultado era el esperado, ya que los edulcorantes empleados no son azúcares como tal, por lo que no están como sólidos disueltos y no se detectan mediante este tipo de determinación. Resultados similares fueron reportados por otros autores en zumos de maqui edulcorados con estevia y sacarosa (Salar *et al.*, 2020) y en zumo de maqui tratado por altas presiones (Salar *et al.*, 2021).

Tabla 4. Caracterización fisicoquímica de muestras de zumo de maqui.

	ANOVA (<i>p</i>)	Naranja	Naranja + Maqui			
			Control	Sacarosa	Sucralosa	Estevia
°Brix	0,012	9,412 b [†]	10,687 b	15,873 a	10,136 b	10,692 b
Acidez	0,852	1,732	1,721	1,737	1,821	1,775
pH	0,937	3,356	3,367	3,353	3,357	3,354
Color						
L*	0,002	17,906 a	9,920 b	10,087 b	10,756 b	10,711 b
a*	0,003	-3,552 b	-2,621 a	-2,538 a	-2,412 a	-2,478 a
b*	0,003	9,202 a	2,348 b	1,953 b	1,954 b	2,093 b
C*	0,003	9,867 a	3,537 b	3,184 b	3,099 b	3,267 b
h°	0,004	68,711 a	41,089 b	38,317 b	39,436 b	39,182 b

[†]Para cada fila, letras distintas implican diferencias estadísticamente significativas de acuerdo con la prueba de rangos múltiples de Tukey ($p < 0,05$). La acidez se expresa como g/100 mL de equivalentes de ácido cítrico.

En el análisis de color de las muestras se encontraron diferencias significativas frente a la muestra de zumo original (zumo de naranja) pero no entre las muestras que presentaban maqui en su formulación, independientemente del edulcorante empleado (Tabla 4). Es decir, el empleo de sacarosa, sucralosa o estevia como edulcorantes no modifica el color de las muestras de zumo de maqui. Estos resultados fueron diferentes a los hallados por Salar *et al.* (2020) en zumos de maqui edulcorados con estevia y

sacarosa, dónde sí se obtuvieron diferencias significativas entre ambos zumos. Por otro lado, los zumos obtenidos por Salar *et al.* (2020) presentaron en el tono (h°) valores ligeramente inferiores (entre 33-37) a los resultados obtenidos en las muestras bajo estudio (entre 38-41). Estas ligeras desviaciones observadas entre estos trabajos pueden ser debidas a las diferencias entre las formulaciones entre ambos estudios.

4.2. Ácidos orgánicos y azúcares

De entre los ácidos orgánicos estudiados se encontró presencia de cítrico, málico, ascórbico y succínico en los zumos bajo estudio (Tabla 5).

El ácido cítrico presentó diferencias significativas entre los zumos control, sucralosa y estevia frente al zumo edulcorado con sacarosa, que presentó la menor cantidad de este ácido (1,149 g/100 mL). Por otro lado, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en el resto de los ácidos orgánicos identificados: málico, ascórbico, y succínico.

Tabla 5. Concentración (g/100 mL) de ácidos orgánicos presentes en zumos elaborados con distintos edulcorantes.

Ácido orgánico	ANOVA (p)	Naranja	Naranja + Maqui			
			Control	Sacarosa	Sucralosa	Estevia
Cítrico	0,007	1,184 ab [†]	1,201 a	1,149 b	1,216 a	1,219 a
Málico	0,066	0,089	0,098	0,098	0,098	0,111
Ascórbico	0,430	0,036	0,039	0,038	0,033	0,041
Succínico	0,457	0,170	0,180	0,220	0,197	0,268

[†]Para un mismo ácido orgánico, letras distintas implican diferencias estadísticamente significativas de acuerdo con la prueba de rangos múltiples de Tukey ($p < 0,05$).

De todos los azúcares estudiados o de los que se disponía de patrón para su identificación, fueron identificados 4 en las muestras de zumo (Tabla 6): sacarosa, maltitol, glucosa y fructosa. La sacarosa se encontró con el doble de concentración que glucosa y fructosa, mientras que el maltitol presentó valores muy inferiores. Estos

azúcares son los principales y su relación de concentración es la misma en los zumos elaborados con naranja y en los zumos elaborados con maqui (Brauch *et al.*, 2016).

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la concentración de maltitol en las muestras de zumos elaborados con distintos edulcorantes con respecto a las muestras control y naranja. En el caso de la sacarosa, como era de esperar, la muestra que mayor cantidad presentó fue la de zumo edulcorado con sacarosa (8,719 g/100 mL), mientras que no se encontraron diferencias significativas entre el resto de las muestras estudiadas (~4,5 g/100 mL).

Las muestras que más cantidad de glucosa presentaron fueron las elaboradas con sucralosa y estevia (2,779 y 2,764 g/100 mL, respectivamente). Con respecto a la muestra control se observó que añadir sacarosa disminuye el contenido de glucosa de la muestra original, mientras que añadir estevia la incrementa (Tabla 6).

Por último, en el caso de la fructosa se obtuvo que la adición de estevia y sucralosa no varían la concentración de este azúcar, mientras que la adición de sacarosa lo reduce (2,765 g/100 mL control; 2,390 g/100 mL sacarosa). Esta reducción de glucosa y fructosa observada en las muestras de zumo edulcorado con sacarosa puede deberse a una reacción de síntesis entre ambos azúcares para formar sacarosa, lo que también contribuiría al aumento de este azúcar en la muestra, o bien, en el caso de la glucosa, puede estar uniéndose a compuestos fenólicos (presentes en el maqui) y formar conjugados glicosilados.

Tabla 6. Concentración (g/100 mL) de azúcares en zumos elaborados con distintos edulcorantes.

Azúcar	ANOVA (<i>p</i>)	Naranja	Naranja + Maqui			
			Control	Sacarosa	Sucralosa	Estevia
Sacarosa	0,001	4,453 b [†]	4,469 b	8,719 a	4,460 b	4,459 b
Maltitol	0,272	0,221 a	0,133 a	0,099 a	0,244 a	0,247 a
Glucosa	0,001	2,622 c	2,746 b	2,545 d	2,764 ab	2,779 a
Fructosa	0,001	2,664 b	2,765 a	2,390 c	2,771 a	2,778 a

[†]Para un mismo azúcar, letras distintas implican diferencias estadísticamente significativas de acuerdo con la prueba de rangos múltiples de Tukey (*p*<0,05).

4.3. Antocianinas

Se identificaron y cuantificaron 6 antocianinas presentes en los zumos con maqui incorporado (Figura 11):

- Delfinidina-3-*O*-sambubiosido-5-*O*-glucósido.
- Delfinidina 3,5-*O*-diglucósido.
- Cianidina-3-*O*-sambubiosido-5-*O*-glucósido + cianidina 3,5-*O*-diglucósido.
- Delfinidina-3-*O*-sambubiosido.
- Delfinidin-3-*O*-glucósido.
- Cianidina-3-*O*-sambubiosido + cianidin-3-*O*-glucósido.

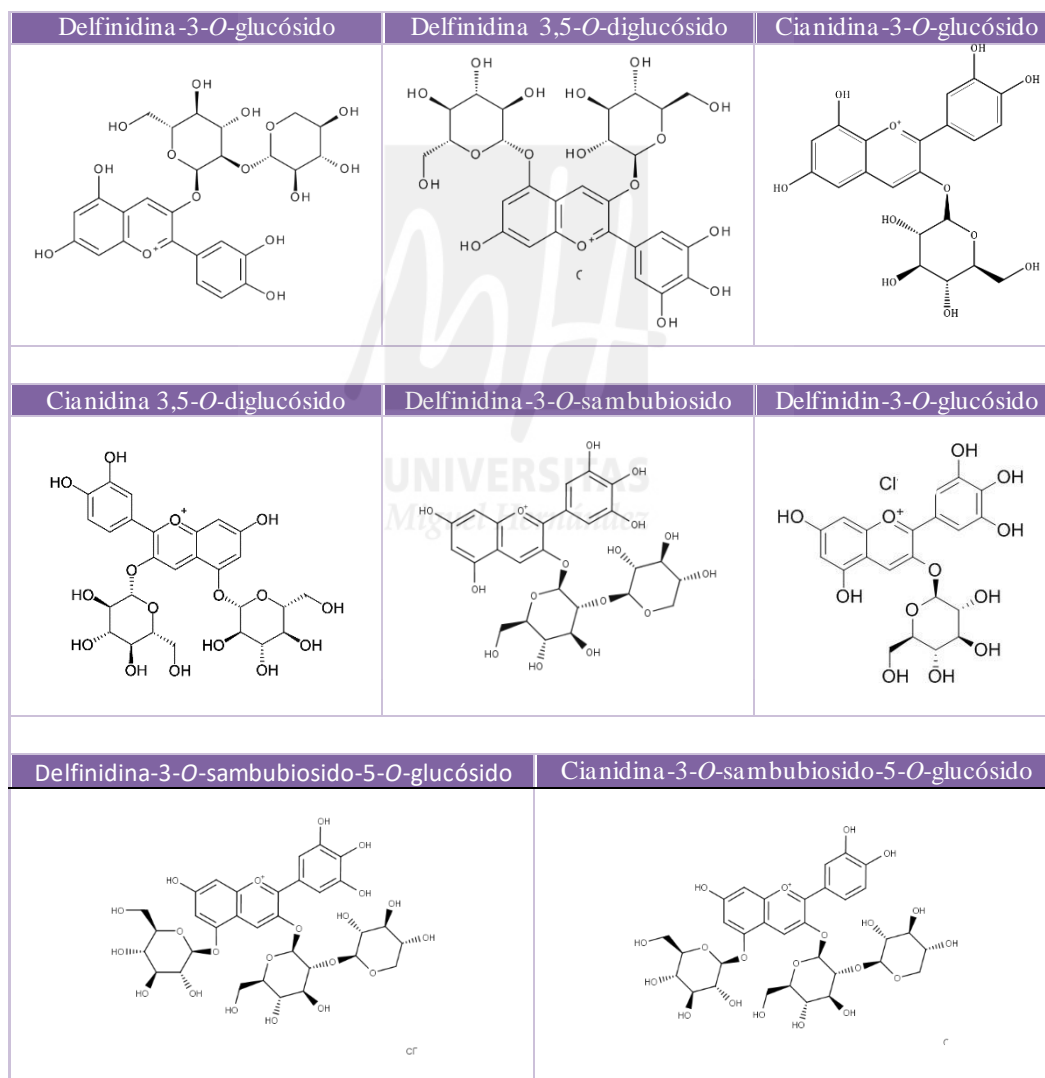


Figura 11. Antocianinas identificadas y cuantificadas.

Con respecto a la concentración de delfinidina-3-*O*-sambubiosido-5-*O*-glucósido, los resultados no mostraron diferencias significativas entre los zumos control y edulcorados con sacarosa y estevia (28,845, 29,140, y 28,922 mg/100 mL, respectivamente), mientras que el zumo edulcorado con sucralosa presentó los valores mayores (30,296 mg/100 mL) de esta antocianina (Tabla 7). Tal y como era de esperar, la muestra de zumo de naranja no presentó antocianinas, por lo que la incorporación de maqui a los zumos supone un importante aumento en el contenido de compuestos bioactivos de los zumos.

En el caso de la antocianina delfinidina 3,5-*O*-diglucósido, las muestras control, sacarosa y sucralosa presentaron los valores más altos (10,386, 10,262, y 10,481 mg/100 mL, respectivamente), mientras que el zumo edulcorado con estevia presentó los valores más bajos (9,473 mg/100 mL), quedando estadísticamente relacionado con el zumo edulcorado con sacarosa.

Las antocianinas delfinidina-3-*O*-sambubiosido, delfinidina-3-*O*-glucósido y cianidin-3-*O*-sambubiosido + cianidina-3-*O*-glucósido, no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,005$) entre las muestras con maqui incorporado. Por otro lado, sí hubo diferencias estadísticamente significativas en la cantidad total de antocianinas. Las muestras de sucralosa y control presentaron las concentraciones más altas (68,3 y 66,8 mg/100 mL, respectivamente), mientras que las muestras de sacarosa y estevia tuvieron las menores concentraciones (65,2 y 64,1 mg/100mL, respectivamente), quedando la sacarosa estadísticamente relacionada con la muestra control. Por tanto, se podría decir que la adición de estevia disminuye el contenido total de antocianinas.

En bebidas isotónicas de limón y maqui Gironés-Vilaplana *et al.*, (2014) también identificó glucósidos y diglucósidos de delfinidina y cianidina como las antocianinas principales, teniendo como mayoritaria, al igual que en los resultados encontrados en nuestras bebidas de maqui, la delfinidina-3-*O*-sambubiosido-5-*O*-glucósido.

El aumento de las antocianinas en los zumos elaborados aportado por el maqui ha demostrado que contribuyen a conservar la vitamina C y otros flavonoides (Gironés-Vilaplana *et al.* 2012, Gironés-Vilaplana *et al.*, 2014).

Tabla 7. Concentración de antocianinas (mg/100 mL) en las muestras de zumo elaboradas con distintos edulcorantes.

Antocianinas	ANOVA (p)	Naranja	Naranja + Maqui			
			Control	Sacarosa	Sucralosa	Estevia
Delfinidina-3- <i>O</i> -sambubiosido-5- <i>O</i> -glucósido	0,001	0 c [†]	28,845 b	29,140 b	30,296 a	28,922 b
Delfinidina 3,5- <i>O</i> -diglucósido	0,001	0 c	10,386 a	10,262 ab	10,481 a	9,473 b
Cianidina-3- <i>O</i> -sambubiosido-5- <i>O</i> -glucósido + Cianidina 3,5- <i>O</i> -diglucósido	0,001	0 c	13,070 ab	12,745 ab	13,481 a	12,573 b
Delfinidina-3- <i>O</i> -sambubiosido	0,001	0 b	4,441	4,257	4,372	4,130
Delfinidin-3- <i>O</i> -glucósido	0,001	0 b	6,042	5,269	5,749	5,381
Cianidina-3- <i>O</i> -sambubiosido + Cianidina-3- <i>O</i> -glucósido	0,001	0 b	4,074	3,593	3,923	3,614
Cantidad total	0,001	0 c	66,8 ab	65,2 bc	68,3 a	64,1 c

[†]Para cada antocianina, letras distintas implican diferencias estadísticamente significativas de acuerdo con la prueba de rangos múltiples de Tukey ($p < 0,05$).

4.4. Flavanonas

Se identificaron en el maqui liofilizado 4 flavanonas: naringenina 7-*O*-rutinósido (narirutina), hesperidin 7-*O*-rutinósido (hesperidina), *O*-triglicosil-naringenina y eriodictiol 7-*O*-rutinósido (eriocitrina). Sin embargo, una vez adicionado al zumo de naranja, únicamente se encontraron 2 de estas: narirutina y hesperidina, con la concentración suficiente como para poder ser cuantificadas (Tabla 8).

Los resultados obtenidos demostraron que la adición de maqui incrementó el contenido de narirutina, independientemente del edulcorante añadido (8,426 mg/100 mL control, 8,310 mg/100 mL sacarosa, 9,151 mg/100 mL sucralosa, y 9,252 mg/100 mL estevia) con respecto al zumo de naranja (6,670 mg/100 mL). Además, la adición de maqui también incrementó la concentración de hesperidina en las muestras control y estevia (10,905 y 11,299 mg/100 mL, respectivamente), no mostrando ningún efecto en los zumos de sacarosa y sucralosa (10,799 y 10,866 mg/100 mL, respectivamente). Del

mismo modo, todos los zumos con maqui (control, sacarosa, sucralosa y estevia) obtuvieron las mayores concentraciones de flavanonas totales (19,331, 19,109, 19,916 y 20,551 mg/100 mL, respectivamente), mientras que el zumo de naranja tuvo las más bajas (16,309 mg/100 mL). Resultados similares fueron reportados por Agulló *et al.*, (2021) en zumos de cítricos y maqui enriquecidos con estevia, sacarosa y sucralosa, donde se observó la presencia de cuatro flavanonas en el siguiente orden de concentración decreciente, hesperidina > eriocitrina > narirutina > O-triglicosilnaringenina. Estas dos flavanonas (narirutina y hesperidina) son las mayoritarias en cítricos (Salar *et al.*, 2020, Salar *et al.*, 2021).

Es importante destacar que el contenido de flavanonas en zumos está estrechamente relacionado con las condiciones agroambientales asociadas a la producción de los frutos (Agulló *et al.*, 2020), además de los aspectos tecnológicos que también afectan la composición fenólica de las bebidas (Martí *et al.*, 2009).

Tabla 8. Concentración de flavanonas (mg/100 mL) en las muestras de zumo elaboradas con distintos edulcorantes.

Flavanonas	ANOVA (<i>p</i>)	Naranja	Naranja + Maqui			
			Control	Sacarosa	Sucralosa	Estevia
Narirutina	0,001	6,670 b	8,426 a	8,310 a	9,151 a	9,252 a
Hesperidina	0,022	9,640 b	10,905 a	10,799 ab	10,766 ab	11,299 a
Cantidad total	0,001	16,310 b	19,331 a	19,109 a	19,917 a	20,551 a

[†]Para cada flavanona, letras distintas implican diferencias estadísticamente significativas de acuerdo con la prueba de rangos múltiples de Tukey ($p < 0,05$).

4.5. Compuestos volátiles

Se encontraron 52 compuestos en el análisis de compuestos orgánicos volátiles mediante cromatografía de gases. Los compuestos que mayor concentración presentaron fueron limoneno, valenceno, β -mirceno, hexanal y *p*-cimeneno. Estos compuestos son los que conforman, principalmente, el perfil volátil de los cítricos, en general (Navarro-Martínez, *et al.*, 2019).

Se encontraron diferencias significativas en la concentración de 20 de los 52 compuestos (Tabla 9). La muestra de zumo de naranja la que mayor concentración presentó en todos estos compuestos.

De igual forma ocurrió si consideramos la concentración total de compuestos orgánicos volátiles, teniendo la muestra de naranja mayor concentración (~6000 µg/kg) que las muestras de zumo en las que se añadió maqui (~4800 µg/kg). Este resultado es comprensible ya que al añadir el maqui liofilizado en su composición se reduce el aporte de naranja, por lo que los compuestos volátiles que aporta este cítrico ven reducida su concentración.

No se encontraron diferencias significativas entre los zumos elaborados con distintos edulcorantes en ninguno de los compuestos aromáticos encontrados ni en la concentración total de estos. Sin embargo, sí hubo diferencias entre la muestra control y las muestras edulcoradas teniendo en cuenta la concentración final. La muestra control presentó una mayor concentración de compuestos aromáticos (~5700 µg/kg) frente a las muestras edulcoradas (~4500 µg/kg).

Fue especialmente remarcable en el estudio observar que la incorporación de maqui no aportó ningún compuesto orgánico volátil al perfil del zumo (Figura 12), aunque esto puede estar justificado en base a que, (i) su aporte es poco significativo en cuanto a la formulación total, y (ii) el producto estaba liofilizado por lo que la mayor parte de compuestos de bajo peso molecular y por consiguiente los más representativos del perfil volátil, se perdieran durante este proceso.

Tabla 9. Concentración de compuestos orgánicos volátiles (µg/kg)

Compuesto	ANOVA (<i>p</i>)	Naranja	Naranja + Maqui			
			Control	Sacarosa	Sucralosa	Estevia
Hexanal	0,003	154,871 a [†]	57,716 b	55,999 b	41,214 b	26,392 b
2-Hexenal	0,567	53,22	97,104	42,507	74,126	58,844
1-Hexanol	0,928	7,111	7,723	11,089	9,297	7,715
α-pipeno	0,867	21,428	20,023	16,019	19,949	13,913
β-Pineno	0,071	47,416	78,181	40,667	38,951	40,09
2-Metil-2-hepten-6-one	0,161	2,876	6,303	1,888	5,052	0,983

β-Mirceno	0,203	248,984	252,362	191,091	214,385	201,869
Hexanoato de etilo	0,033	16,511 ab	21,298 a	11,406 ab	6,787 b	7,228 ab
2-Propilfurano	0,918	5,727	10,905	7,535	9,288	6,597
Limoneno	0,400	3561,708	3475,223	3204,200	3265,521	3364,344
β-Ocimeno	0,007	5,620 a	3,690 ab	1,724 b	1,591 b	1,802 b
g-Terpineno	0,295	89,6	131,954	68,016	77,703	77,952
2-Nonen-1-ol	0,249	3,295	4,084	2,309	3,296	1,805
1-Octanol	0,587	5,359	6,009	3,564	5,324	4,066
α-Terpinoleno	0,041	63,262 a	34,215 b	30,181 b	38,621 b	31,637 b
p-Cimeno	0,625	104,313	111,331	58,007	81,506	75,324
Linalool	0,425	38,52	47,909	26,608	36,37	28,428
Nonanal	0,418	13,982	17,227	9,208	14,551	11,452
p-Menta-2,8-dien-1-ol	0,008	5,881 a	4,383 ab	2,153 b	3,021 ab	2,373 b
Etil-3-hidroxi-hexanoato	0,693	25,325	30,717	20,503	30,254	21,383
cis-p-Menta-2,8-dien-1-ol	0,056	6,632	4,091 b	2,283 b	3,432 b	2,800 b
trans-2-Nonenal	0,000	6,485 a	3,388 b	1,260 b	2,564 b	1,734 b
4-Terpineol	0,320	48,864	95,761	50,959	71,981	58,098
2-etenil-1,3,3-trimetil-Ciclohexeno	0,409	8,295	16,565	9,642	14,546	11,524
α-Terpineol	0,703	17,164	23,42	14,122	21,903	19,124
Caprilato de etilo	0,082	14,637	13,241	7,51	8,628	7,758
Decanal	0,006	8,396 a	6,224 ab	3,353 b	3,800 b	3,245 b
Neral	0,107	7,08	9,559	4,83	5,941	4,659
Carvona	0,218	28,552	66,703	35,663	48,123	39,937
Geraniol	0,441	1,758	2,978	1,507	2,25	2,046
Citral	0,134	7,244	19,561	10,352	13,187	10,726
Perillal	0,001	7,959 a	3,160 b	2,308 b	3,111 b	2,502 b
Carvil acetato	0,055	4,648	3,206	2,132	2,619	2,23
Citronelil acetato	0,304	6,395	6,209	3,73	4,094	3,563
Neril acetato	0,454	18,025	29,59	18,52	21,49	18,83
Geranil acetato	0,365	7,192	8,526	5,365	6,094	5,479
β-Elemeno	0,000	32,235 a	12,116 b	8,353 b	7,729 b	5,701 b
Cariofileno	0,000	19,676 a	7,992 b	4,764 bc	3,880 c	3,026 c
p-Menta-3-en-1-ol	0,116	3,259	3,364	2,196	1,943	1,992
trans-α-Bergamoteno	0,001	8,863 a	6,103 ab	4,103 b	3,303 b	3,540 b
β-Selineno	0,000	38,881 a	14,902 b	8,644 b	7,410 b	5,625 b
Geranil acetona	0,247	6,532	12,365	8,215	8,395	6,839
α-Humuleno	0,054	4,266	5,945	3,646	3,145	2,469
α-Amorfeno	0,005	2,166 a	1,628 ab	1,178 abc	1,079 bc	0,616 c
g-Gurgujeno	0,000	47,120 a	19,482 b	11,678 bc	10,142 bc	7,796 c
g-Selineno	0,000	147,306 a	54,766 b	31,765 b	28,368 b	22,384 b
Valenceno	0,000	922,668 a	504,659 b	292,736 bc	271,882 bc	213,696 c
α-Bulneseno	0,000	37,154 a	19,571 b	11,736 bc	10,524 bc	8,173 c
4,5-Dehidro-Isolongifoleno	0,050	23,915	18,455	11,663	13,408	11,812
α-Pananinseno	0,018	104,562 ab	113,007 a	68,552 ab	62,518 ab	49,418 b
9,12-Octadecadien-1-ol	0,000	4,352 a	2,183 b	0,962 b	1,621 b	1,478 b
Óxido de cariofileno	0,000	6,058 a	1,933 b	1,128 b	1,164 b	1,313 b
Total	0,000	6083 a	5669 b	4449 c	4647 c	4524 c

†Para cada compuesto, letras distintas implican diferencias estadísticamente significativas de acuerdo con la prueba de rangos múltiples de Tukey ($p < 0,05$).

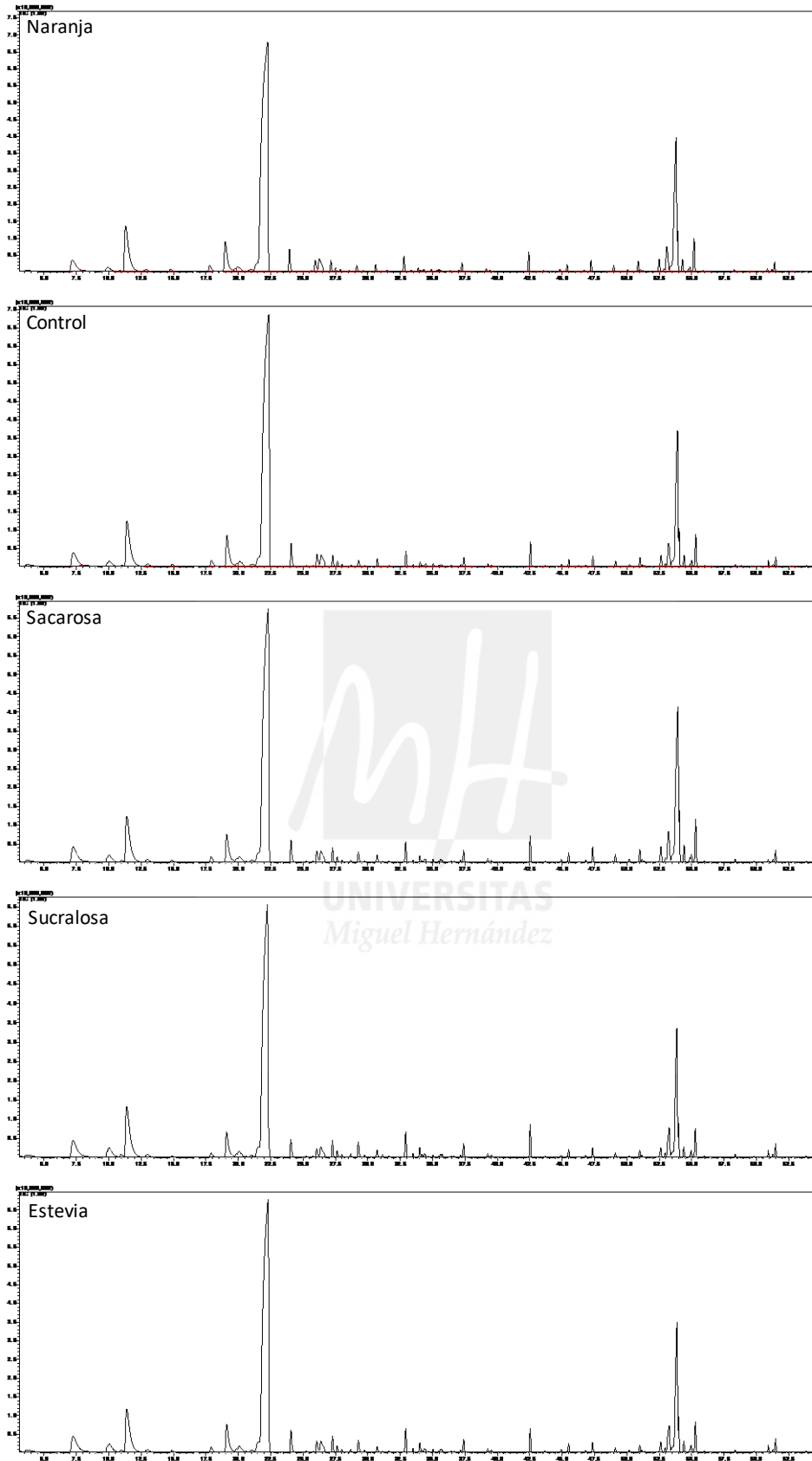
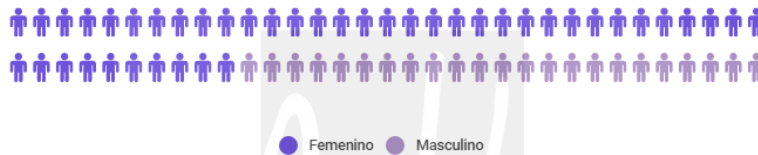


Figura 12. Cromatogramas de los zumos sometidos a estudio (en el eje de abscisas se representa el tiempo de retención (min) y en el eje de ordenadas la intensidad (uaa)).

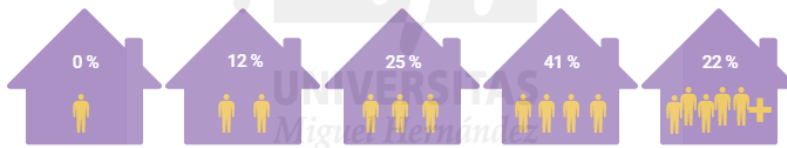
4.6. Análisis sensorial afectivo

En el estudio de análisis sensorial afectivo se obtuvieron 64 respuestas válidas (cuestionarios completos). Cuarenta y dos participantes se identificaron con el género femenino y 22 con el masculino. La unidad familiar de los participantes estuvo compuesta en un 12 % por 2 personas, en un 25 % por 3 personas, en un 41 % por 4 personas y en un 22 % por 5 o más personas. Ninguno de los participantes formaba una unidad familiar unipersonal. Por último, un 41 % estas unidades familiares tenían ingresos inferiores a 1500 €, un 47 % entre 1500 y 3000 € y, por último, un 12 % presentan ingresos superiores a 3000 € (Figura 13).

GÉNERO



PERSONAS EN LA UNIDAD FAMILIAR



INGRESOS

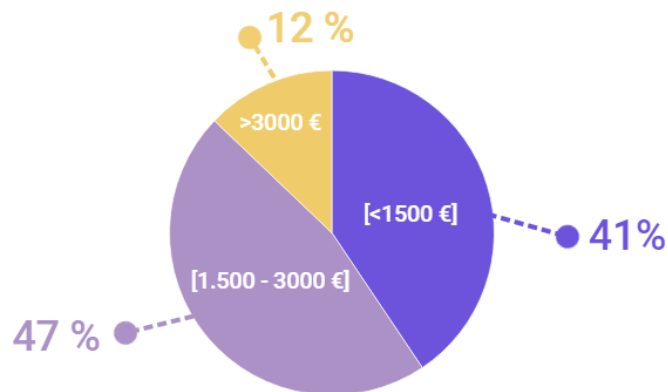


Figura 13. Datos demográficos del estudio sensorial afectivo.

De los 12 descriptores evaluados en el análisis sensorial afectivo se encontraron diferencias significativas en 8 de ellos (Tabla 10). Estas diferencias se produjeron en todos los atributos relacionados con el sabor y textura de las muestras.

En cuanto al sabor general, descriptor que engloba a todas las sensaciones involucradas en el sabor (sabores básicos, olor y sensaciones trigeminales) las muestras enriquecidas con maqui presentaron una mayor valoración por parte de los consumidores, a excepción de la muestra edulcorada con estevia. En este sentido la muestra edulcorada con sacarosa fue la que mejor valoración presentó.

De igual forma ocurrió en la evaluación del sabor cítrico de las muestras. Esto puede verse relacionado con el sabor general, es decir, que a los consumidores les gustó más el sabor en general porque el sabor cítrico les gustó más.

En el caso de los descriptores dulzor, acidez, amargor y astringencia, la muestra edulcorada con estevia fue la que peor valoración obtuvo por parte de los consumidores, presentando valores inferiores a 5 que se relacionan con la valoración de “me disgusta ligeramente”, mientras que el resto de las muestras obtuvieron valoraciones más positivas y/o neutras.

En el postgusto la muestra que menos gustó fue la muestra original de zumo de naranja. Esto es debido a que las que presentaron maqui en su formulación tienen un postgusto más largo por una mayor intensidad de sabor, en general.

Por último, a la pregunta de ¿cuánto te gusta la muestra?, los zumos edulcorados con sacarosa y sucralosa fueron los que mayor intensidad obtuvieron (5,8 y 5,6, respectivamente), frente a unas valoraciones de ~4,6 del resto de las muestras. Esta diferencia es muy notable y marca una gran diferencia entre la aceptación de estas muestras.

Tabla 10. Análisis sensorial afectivo de zumos elaborados con distintos edulcorantes.

Descriptor	ANOVA (p)	Naranja	Naranja + Maqui			
			Control	Sacarosa	Sucralosa	Estevia
Color	0,102	5,6	6,5	6,6	6,6	6,9
Aspecto general	0,052	5,5	6,5	6,6	6,7	6,8
Olor	0,140	4,3	5,3	4,6	4,5	5,3
Olor a cítrico	0,183	4,9	5,4	5,4	4,8	5,5
Olor herbal	0,696	4,8	5,0	5,1	4,7	4,7
Sabor general	0,002	4,6 b [†]	5,0 ab	6,5 a	6,1 ab	4,9 b
Sabor cítrico	0,001	4,8 c	5,1 bc	6,6 a	6,3 ab	4,8 c
Dulzor	0,010	5,3 ab	4,6 b	6,3 a	5,5 ab	4,6 b
Acidez	0,001	5,2 ab	5,0 ab	6,4 a	5,8 a	4,0 b
Amargor	0,001	5,0 ab	4,8 ab	6,1 a	5,6 a	3,8 b
Astringencia	0,041	5,0 ab	5,5 ab	6,2 a	5,5 ab	4,5 b
Postgusto	0,001	4,1 c	4,8 b	6,0 a	6,3 a	4,5 bc
Global	0,021	4,6 b	4,7 b	5,8 a	5,6 a	4,4 b

[†]Para un mismo descriptor, letras distintas implican diferencias estadísticamente significativas de acuerdo con la prueba de rangos múltiples de Tukey ($p < 0,05$).

Cuando segmentamos el grado de aceptación en función del género de los participantes (Tabla 11) se obtuvo que el zumo control y el zumo edulcorado con estevia tuvo mayor aceptación entre los participantes de género masculino. Esto indica que los consumidores identificados con género femenino penalizan más las muestras que no les gustan, y/o que los de género masculino encuentran menos diferencias entre la aceptación de las muestras. Este tipo de análisis puede ser un gran acicate para el marketing de este tipo de productos.

Tabla 11. Segmentación por género del grado de aceptación de las muestras de zumo elaboradas con distintos edulcorantes.

Género	Naranja	Naranja + Maqui			
		Control	Sacarosa	Sucralosa	Estevia
ANOVA (p)	0,060	0,002	0,116	0,195	0,022
Femenino	4,3	4,5 b [†]	6,1	5,5	4,0 b
Masculino	3,9	6,1 a	6,1	5,4	5,8 a

[†]Para una muestra, letras distintas implican diferencias estadísticamente significativas de acuerdo con la prueba de rangos múltiples de Tukey ($p < 0,05$).

No se encontraron diferencias significativas entre géneros en el resto de las muestras bajo estudio. No se encontraron diferencias significativas si se consideran como variables la edad, los ingresos de la unidad familiar o los integrantes de esta.

Para conocer cuáles son los descriptores que los consumidores consideraban que menoscababan la calidad de las muestras analizadas se llevó a cabo un análisis de penalizaciones. En este se puede apreciar que los consumidores no consideraron que las muestras ‘naranja’ (Figura 14), ‘control’ (Figura 15), ‘sacarosa’ (Figura 16) y ‘sucralosa’ (Figura 17) tuvieran ningún descriptor por que tuvieran que ser penalizadas. Sin embargo, sí se encontró que los consumidores penalizaron con más de 2 puntos la muestra edulcorada con estevia por su elevada acidez y bajo dulzor (Figura 18). Es evidente que ambos parámetros están inversamente correlacionados por lo que, en futuros estudios, se pretende realizar una mejora en la formulación de esta muestra, enfocada a incrementar su dulzor. Aunque, en estudios previos realizados en este trabajo se encontró que concentraciones más elevadas de este edulcorante provocan regustos metálicos desagradables.

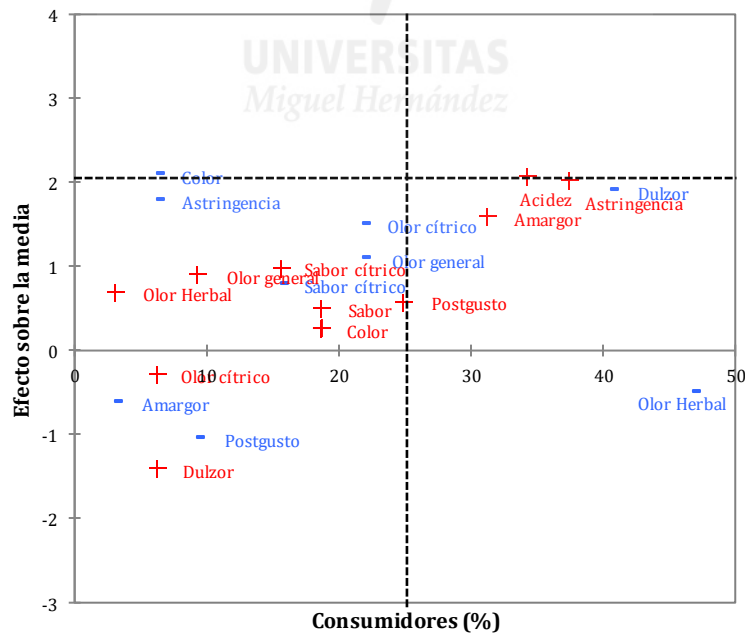


Figura 14. Análisis de penalizaciones del zumo de naranja.

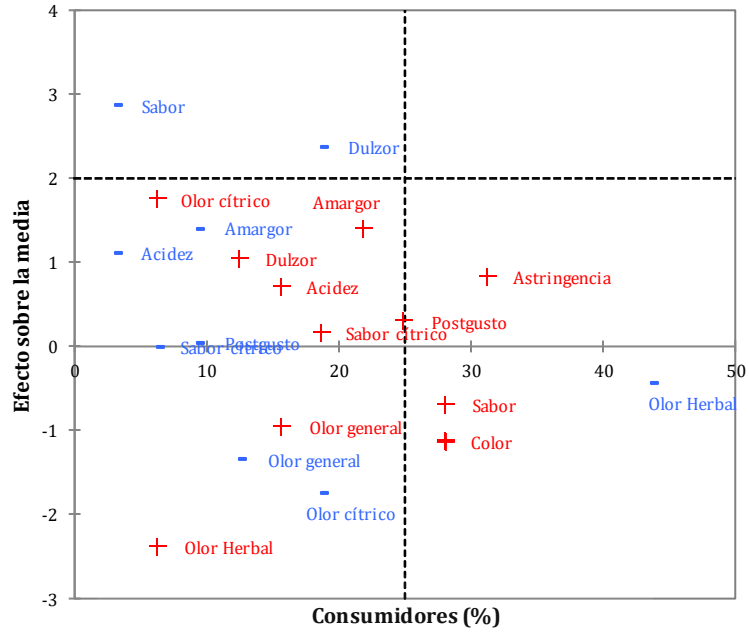


Figura 15. Análisis de penalizaciones del zumo control.

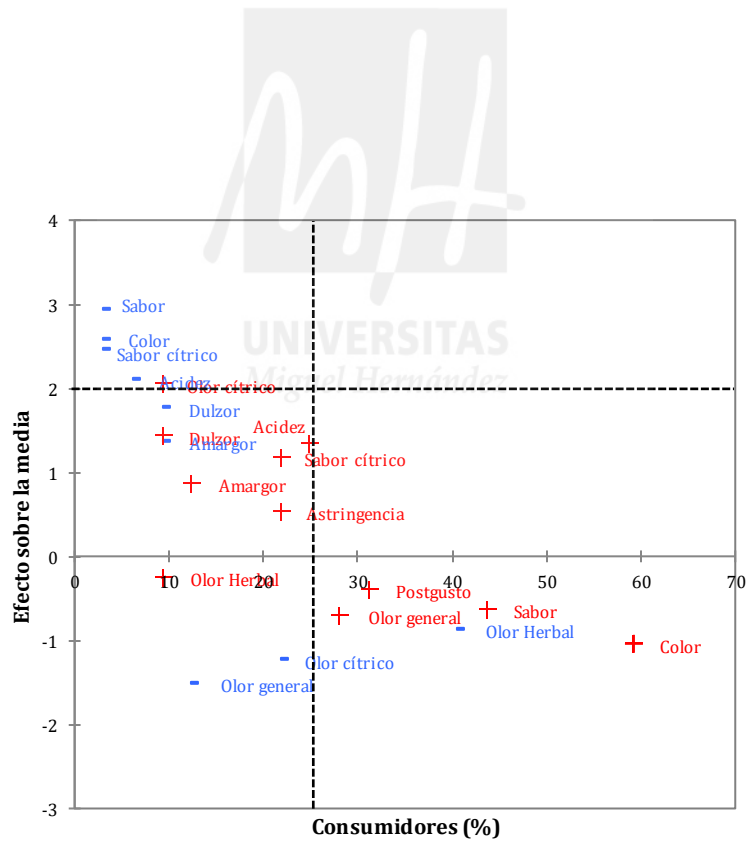


Figura 16. Análisis de penalizaciones del zumo con sacarosa.

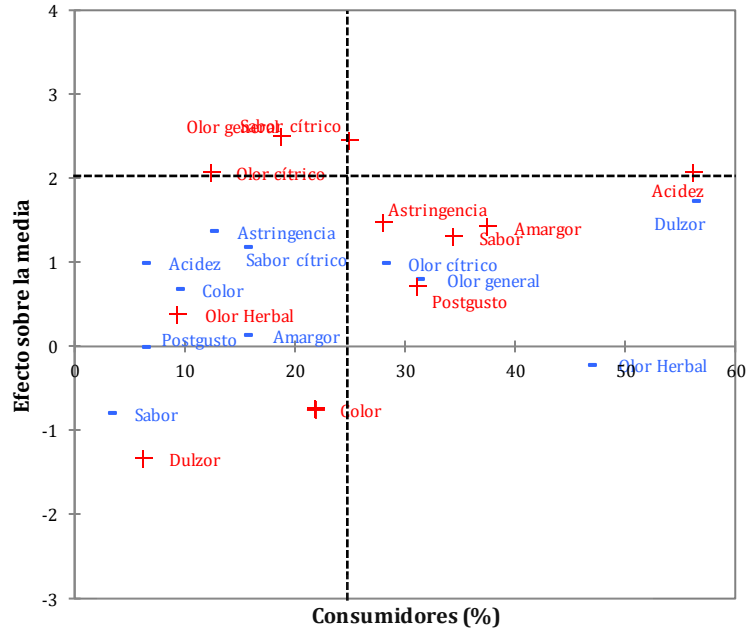


Figura 17. Análisis de penalizaciones del zumo con sucralosa.

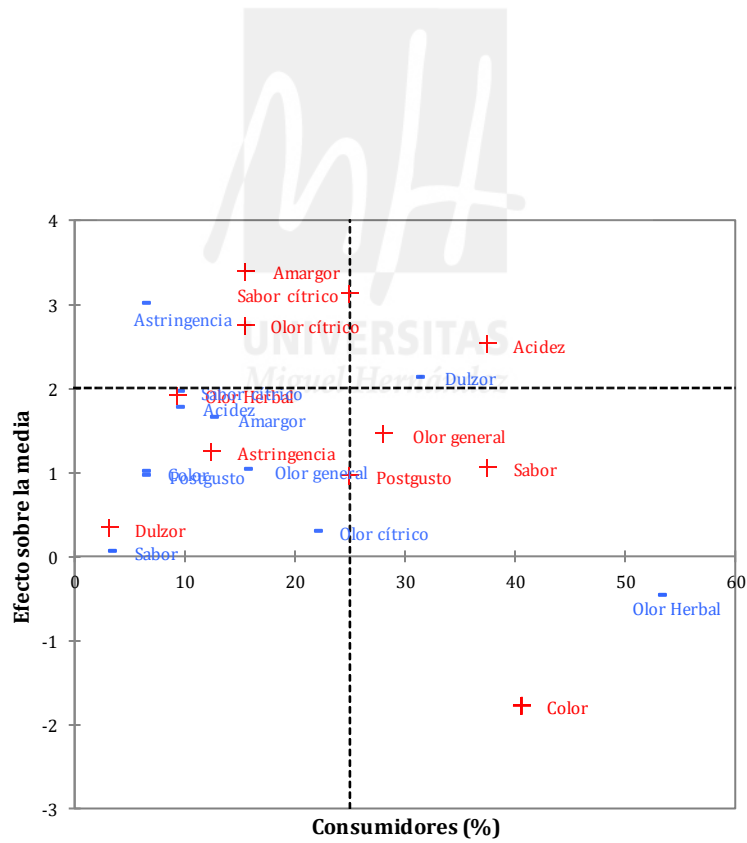


Figura 18. Análisis de penalizaciones del zumo con estevia.

5. CONCLUSIONES



La adición de maqui no afecta a la concentración de sólidos solubles totales, acidez valorable, pH y ácidos orgánicos presentes en el zumo. Sin embargo, sí modifica el perfil de azúcares, incrementando la cantidad de glucosa y fructosa.

La incorporación de maqui al zumo de naranja incrementa la funcionalidad de este gracias al aporte de antocianinas, siendo delphinidina-3-*O*-sambubiosido-5-*O*-glucósido la que mayor concentración presentó, y flavanonas (narirutina y hesperidina).

El maqui no aporta compuestos volátiles al zumo por lo que reduce la concentración de los ya presentes en el zumo inicial de naranja.

La incorporación de maqui no modifica el grado de aceptación del zumo por parte de los consumidores.

Los edulcorantes estudiados no modifican las propiedades fisicoquímicas de los zumos de maqui ni la concentración de flavanonas presentes en estos. Sin embargo, reducen el contenido de compuestos aromáticos.

El zumo edulcorado con sucralosa mantiene la concentración de antocianinas mientras que la adición de sacarosa o estevia la reducen.

La adición de sacarosa y sucralosa incrementa la valoración de los consumidores, mientras que la estevia fue penalizada debido a su elevada acidez.

La sucralosa es una alternativa factible como sustituta de la sacarosa en la formulación de zumos de maqui.

6. BIBLIOGRAFÍA



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

- Agulló, V., García-Viguera, C., Domínguez-Perles, R. (2021). Beverages based on second quality citrus fruits and maqui berry, a source of bioactive (poly)phenols: sorting out urine metabolites upon a longitudinal study. *Nutrients*, 13, 312.
- Agulló, V., Villaño, D., Garcia-Viguera, C., Domínguez-Perles, R. (2020). Anthocyanin metabolites in human urine after the intake of new functional beverages. *Molecules*, 25, 371.
- Brauch, J.E., Buchweitz, M., Schweiggert, R.M., Carle, R. (2016). Detailed analyses of fresh and dried maqui (*Aristotelia chilensis* (Mol.) Stuntz) berries and juice. *Food Chemistry*, 190, 308–316.
- Bursac Kovačević, D., Barba, F.J., Granato, D., Galanakis, C.M., Herceg, Z., Dragović-Uzelac, V., Putnik, P. (2018). Pressurized hot water extraction (PHWE) for the green recovery of bioactive compounds and steviol glycosides from *Stevia rebaudiana* Bertoni leaves. *Food Chemistry*, 254, 150–157.
- Bushdid, C., Magnasco, M.O., Vosshall, L.B., Keller, A. (2014). Humans can discriminate more than 1 trillion olfactory stimuli. *Science*, 343(6177), 1370–1372.
- Cabello, P. (2003). Variabilidad polínica en dos estados florales de maqui, *Aristotelia chilensis* (Mol.) Stuntz (*Eleocarpaceae*). Tesis de grado. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Agronomía.
- Cárdenas, C. (1998). Aspectos de la morfología floral, producción de néctar y fructificación en *Berberis darwinii* Hook., *Aristotelia chilensis* (Mol.) Stuntz, y *Ugni molinae* Turcz. Tesis de Licenciatura. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Agronomía.
- Castro-Muñoz, R., Correa-Delgado, M., Córdova-Almeida, R., Lara-Nava, D., Chávez-Muñoz, M., Velásquez-Chávez, V.F., Hernández-Torres, C.E., Gontarek-Castro, E., Ahmad, M.Z. (2022). Natural sweeteners: sources, extraction and current uses in foods and food industries, *Food Chemistry*, 370, 130991.
- Cespedes, C., El-Hafidi, M., Pavon, N., Alarcon, J. (2008). Antioxidant and cardioprotective activities of phenolic extracts from fruits of Chilean blackberry *Aristotelia chilensis* (*Elaeocarpaceae*), Maqui. *Food Chemistry*, 108, 820–829.
- Cespedes, C.L., Alarcon, J., Valdez-Morales, M., Paredes-Lopez, O. (2009). Antioxidant activity of an unusual 3-hydroxyindole derivative isolated from fruits of *Aristotelia chilensis* (Molina) Stuntz. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 64, 759–762.
- Escribano-Bailon, M.T., Alcalde-Eon, C., Muñoz, O., Rivas-Gonzalo, J.C., Santos Buelga, C. (2006). Anthocyanins in berries of Maqui (*Aristotelia chilensis* (Mol.) Stuntz). *Phytochemical Analysis*, 17(1), 8–14.
- Fredes, C., Montenegro, G., Zoffoli, J.P., Gómez M., Robert P. (2012). Polyphenol content and antioxidant activity of maqui (*Aristotelia chilensis* [Molina] Stuntz) during fruit

- development and maturation in central Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 72(4), 582–589.
- Garrido-Makinistian, F., Sette, P., Gallo, L., Bucalá, V., Salvatori, D. (2019). Optimized aqueous extracts of maqui (*Aristotelia chilensis*) suitable for powder production. *Journal of Food Science and Technology*, 56, 3553–3560.
- Garzón, G.A. (2008). Anthocyanins as natural colorants and bioactive compounds: a review. *Acta Biológica Colombiana*, 13(3), 27–36.
- Gironés-Vilaplana, A., Mena, P., García-Viguera, C., Moreno, D.A. (2012). A novel beverage rich in antioxidant phenolics: Maqui berry (*Aristotelia chilensis*) and lemon juice. *LWT-Food Science and Technology*, 47, 279–286.
- Gironés-Vilaplana, A., Mena, P., Moreno, D.A., García-Viguera, C. (2014). Evaluation of sensorial, phytochemical and biological properties of new isotonic beverages enriched with lemon and berries during shelf life. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94, 1090–1100.
- Hernández, F., Noguera-Artiaga, L., Burló, F., Wojdyło, A., Carbonell-Barrachina, Á.A., Legua, P. (2016). Physico-chemical, nutritional, and volatile composition and sensory profile of Spanish jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96, 2682–2691.
- Hoffmann, A. (1982). Flora silvestre de Chile. Zona austral. Una guía ilustrada para la identificación de las especies de plantas leñosas del sur de Chile. Santiago, Chile, Fundación Claudio Gay.
- Hoffmann, A. (1997). Flora silvestre de Chile. Zona araucana: una guía ilustrada para la identificación de las especies de plantas leñosas del sur de Chile (entre el río Maule y el seno de Relocaví). Santiago, Chile, Fundación Claudio Gay.
- Ibañez, F.C., Barcina, Y. (2000). Análisis sensorial de los alimentos: métodos y aplicaciones. Springer-Verlag Ibérica, Barcelona, España. ISBN: 978-84-07-00801-0.
- Joseph, J.A., Shukitt-Hale, B., Casadesus, G. (2005). Reversing the deleterious effects of aging on neuronal communication and behavior: beneficial properties of fruit polyphenolic compounds. *American Journal of Clinical Nutrition*, 81, 313S–316S.
- Khamise, N., Tayel, D., Helmy, M., Aborhyem S. (2020). Effect of aspartame and sucralose artificial sweeteners on weight and lipid profile of male albino rats. *Journal of High Institute of Public Health*, 87–100.
- López Luengo, M.T. (2002). Flavonoides. *Offarm*, 21, 108–113.
- López-Mascaraque, L., Alonso, J.R. (2017). ¿Qué sabemos de? El olfato. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, España. ISBN: 978-84-00-101798-7.

- Marqués Ávila, Á. (2019). El consumo de zumos se orienta a productos más saludables y naturales. *Distribución y consumo*, 4, 62–64.
- Martí, N., Mena, P., Cánovas, J.A., Micol, V., Saura, D. (2009). Vitamin C and the role of citrus juices as functional food. *Natural Product Communications*, 4, 677–700.
- Muñoz, O., Montes M., Wilkomirsky, T. (2004). Plantas medicinales de uso en Chile: Química y Farmacología. Santiago, Chile. ISBN: 956111514x
- Navarro-Martínez, P., Noguera-Artiaga, L., Sánchez-Bravo, P., Rosas-Burgos, E.C., Pérez-López, A.J., Carbonell-Barrachina, Á.A. (2019). Development and characterization of liquors prepared with an underutilized citrus by-product, the peel. *European Food Research and Technology*, 245, 41–50.
- ODEPA, Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. (2017). Estudio preparación de expedientes técnicos para la presentación y solicitud de autorización de alimentos nuevos o tradicionales de terceros países para exportar a la Unión Europea. Santiago, Chile.
- Peña Araos, J. (2015). *Aristotelia chilensis*: a possible nutraceutical or functional food. *Medicinal Chemistry*, 5(8), 378–382.
- Real Decreto 781/2013 por el que se establecen normas relativas a la elaboración, composición, etiquetado, presentación y publicidad de los zumos de frutas y otros productos similares destinados a la alimentación humana.
- Reglamento (CE) Nº 1925/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo de 20 de diciembre de 2006 sobre la adición de vitaminas, minerales y otras sustancias determinadas a los alimentos.
- Rodríguez, K., Ah-Hen, K.S., Vega-Gálvez, A., Vásquez, V., Quispe-Fuentes, I., Rojas, P., Lemus-Mondaca, R. (2016). Changes in bioactive components and antioxidant capacity of maqui, *Aristotelia chilensis* [Mol] Stuntz, berries during drying. *LWT - Food Science and Technology*, 65, 537–542.
- Rodríguez, R. (1995). Flora de Chile. Editorial Universidad de Concepción, Concepción, Chile.
- Rodríguez, R., Matthei, O., Quezada, M. (1983). Flora arbórea de Chile. Editorial Universidad de Concepción, Concepción, Chile.
- Romo, R. (2016). Estudio de mercado del maqui. PYT – 2015 – 2019: Perspectiva del mercado internacional para el desarrollo de la industria del maqui: un análisis de las empresas en Chile. Universidad del Bío – Bío, Chillán, Chile.
- Royal Botanic Gardens, Kew. (1890). Maqui berries for colouring wine (*Aristotelia Maqui*). *Bulletin of Miscellaneous Information*, 38, 34–36.

- Salar, F.J., Agulló, V., García-Viguera, C., Domínguez-Perles, R. (2020). Stevia vs. Sucrose: influence on the phytochemical content of a citrus–maqui beverage—A shelf-life study. *Foods*, 9, 219.
- Salar, F.J., Periago, P.M., Agulló, V., García-Viguera, C., Fernández, P.S. (2021). High hydrostatic pressure vs. thermal pasteurization: the effect on the bioactive compound profile of a citrus maqui beverage. *Foods*, 10, 2416.
- Salinas, J., Caballé, G. (2020). Maqui: el fruto silvestre de mayor importancia en Chile. Instituto Forestal, Santiago, Chile. ISBN: 978-956-318-182-1.
- Salinas, J., Soto, D., Fuentes, V. (2012). Antecedentes de mercado. En: Información tecnológica de productos forestales no madereros del bosque nativo en Chile. Monografía de Maqui *Aristotelia chilensis* (Mol.) Stuntz. Ed.: Benedetti, S. Instituto Forestal, Santiago, Chile, 46–50.
- Sánchez-Bravo, P., Noguera-Artiaga, L., Carbonell-Barrachina, Á. A., Sendra, E. (2020). Fermented beverage obtained from hydroSOSustainable pistachios. *Journal of food science*, 85(10), 3601–3610.
- Sánchez-Bravo, P., Noguera-Artiaga, L., Martínez-Tomé, J., Hernández, F., Sendra, E. (2022). Effect of organic and conventional production on the quality of lemon “Fino 49”. *Agronomy*, 12, 980.
- Sancho, J., Bota, E., de Castro, J.J. (1999). Introducción al análisis sensorial de los alimentos. Publicacions de la Universitat de Barcelona, Barcelona, España. ISBN: 84-8338-052-8.
- Saraiva, A., Carrascosa, C., Raheem, D. Ramos, F., Raposo A. (2020). Natural sweeteners: The relevance of food naturalness for consumers, food security aspects, sustainability and health impacts. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(17), 1–22.
- Schreckinger, M.E., Lotton, J., Lila, M.A., de Mejia, E.G. (2010). Berries from South America: A comprehensive review on chemistry, health potential, and commercialization. *Journal of Medicinal Food*, 13(2), 233–246.
- Searles, J.A. (2013). Freezing and annealing phenomena in lyophilization. En: Freeze-drying/lyophilization of pharmaceutical and biological products. Ed.: Rey, L., May, J.C. CRC Press, Boca Ratón, USA. ISBN: 978-14-39-82575-4.
- Strack, D., Wray, V. (1994). The Anthocyanins. En: The flavonoides, advances in research since 1986. Ed.: Harbone, J.B. CRC Press, Boca Raton, USA.
- Strasburger, E., Noll, F., Schenk, H., Schimper, A. (1994). Tratado de Botánica. 8ª ed. Ed.: Marín M. Editorial Omega, Barcelona, España.
- Thorne, R. (1992). Classification and geography of the flowering plants. The Botanical Review, U.S.A. *Botanical Review*, 58(3), 225–350.

- UNE-EN ISO 8589:2010. (2010). Análisis sensorial. Guía general para el diseño de una sala de cata. Asociación Española de Normalización, Madrid, España.
- Valle, M., St-Pierre, P., Pilon, G., Marette, A. (2020). Differential effects of chronic ingestion of refined sugars versus natural sweeteners on insulin resistance and hepatic steatosis in a rat model of diet-induced obesity. *Nutrients*, 12(8), 1–14.
- Vivero El Maule. (2022). Nuestros árboles. <https://viveroelmaule.cl/product/maqui/> (Consultada en mayo de 2022).
- Vogel, H., Razmilic, I., San Martín, J., Doll, U., González, B. (2005). Plantas medicinales chilena. Experiencias de domesticación y cultivo de Boldo, Matico, Bailahuén, Canelo, Peumo y maqui. Editorial Universitaria de Talca. ISBN: 956-7059-62-4.

