



Received: September 16, 2022 / November 20, 2022

## Efecto del aceite esencial de cáscara de naranja sobre las características sensoriales en bebidas fermentadas de jugo mandarina, mediante visualización multivariante

### Effect of orange peel essential oil on sensory characteristics in fermented mandarin juice beverages by multivariate visualization

E.A. Macavilca-Ticlayauri<sup>1,\*</sup> , J.C. Pachas-Villafranca<sup>2</sup> , J.W. Landa-Delgado<sup>2</sup> ,  
J.P. Navarro-Tello<sup>2</sup> , D.W.M. Málaga-Tipacti<sup>2</sup> , J.A. Chaico Mendoza<sup>2</sup> , D.J.  
Miranda Cabrera<sup>7</sup> , J.J. Albitres Infantes<sup>3</sup> 



<https://doi.org/10.51431/par.v4i2.789>

#### Resumen

**Objetivos:** Evaluar el efecto de la adición de aceite esencial de cáscara de naranja (AEC) en las respuestas sensoriales de bebidas fermentadas de jugo mandarina (BFJM) empleando la técnica visual de análisis multivariante. **Metodología:** Los gráficos estadísticos de datos multivariados fueron generados con el uso de softwares de acceso libre en base al análisis de componentes principales (ACP), análisis factorial paralelo (PARAFAC) y ANOVA. Los datos sensoriales fueron obtenidos de la evaluación hedónica de nueve bebidas fermentadas elaboradas con jugo de mandarina proveniente de tres variedades a las cuales se les añadió AEC, la dosis empleada fue de 0,00; 0,25 y 0,42 ml por litro de bebida. **Resultados:** los gráficos del análisis multivariante expusieron la discriminación entre las bebidas evaluadas, visualmente se comparó e identificó las similitudes y diferencias entre las BFJM por sus atributos evaluados y se conoció cuál de las muestras tienen mayor preferencia. La adición de AEC incrementó la percepción de los atributos sensoriales empleando la dosis más alta pero solo en las bebidas provenientes de dos variedades de jugo de mandarina, los panelistas discreparon al valorar los atributos ( $P < 0,05$ ) y solo lograron un consenso cuando se evaluó la aceptabilidad y el color de las bebidas. **Conclusiones:** La visualización del análisis multivariante de los datos sensoriales estableció que la adición de AEC mejoró la percepción del sabor, aroma y aceptabilidad de la BFJM; además, facilitó la evaluación del rendimiento del panel sensorial, caracterizar al producto y presentar mapas de preferencias.

**Palabras clave:** vino de mandarina, estadística visual, bebida cítrica, mapa preferencias

#### Abstract

**Objectives:** To evaluate the effect of the addition of orange peel essential oil (OEC) on the sensory responses of fermented mandarin juice beverages (MFJB) using the visual multivariate analysis technique. **Methodology:** Statistical plots of multivariate data were generated using freely available software based on principal component analysis (PCA), parallel factor analysis (PARAFAC) and ANOVA. Sensory data were obtained from the hedonic evaluation of nine fermented beverages made with mandarin juice from three varieties to which AEC was added, the dosage used was 0.00, 0.25 and 0.42 ml per liter of beverage. **Results:** the multivariate analysis graphs showed the discrimination between the evaluated beverages, visually compared and identified the similarities and differences between the BFJM for their evaluated attributes and it was known which of the samples had the greatest preference. The addition of AEC increased the perception of sensory attributes using the highest dose but only in the beverages coming from two varieties of mandarin juice, the panelists disagreed when evaluating the attributes ( $P < 0.05$ ) and only reached a consensus when evaluating the acceptability and color of the beverages. **Conclusions:** Visualization of the multivariate analysis of the sensory data established that the addition of AEC improved the perception of flavor, aroma and acceptability of BFJM; moreover, it facilitated the evaluation of sensory panel performance, characterize the product and present preference maps.

**Keywords:** mandarin wine, visual statistics, citrus beverage, preference mapping

<sup>1</sup> Departamento Académico de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho-Perú.

<sup>2</sup> Instituto Tecnológico Superior Público Huando, Huaral, Perú.

<sup>3</sup> Departamento Académico de Matemática y Estadística, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho-Perú.

Autor para correspondencia: Email: [emacavilca@unjfsc.edu.pe](mailto:emacavilca@unjfsc.edu.pe)

## Introducción

La evaluación sensorial es una herramienta importante para caracterizar a los alimentos, relaciona proceso e ingredientes con los atributos y proporciona una descripción sensorial detallada de las características del producto, facilitando su evaluación conducente a mejorar sus características organolépticas (Iannario et al., 2012); esta técnica mide, analiza e interpreta las reacciones de las personas frente a los productos en base a como los sentidos lo perciben, determina si hay diferencias entre los productos, sustentan las diferencias y si un producto gusta más que otro (Stone, 2018). En ciertos tipos de alimentos la técnica de evaluación sensorial es organizada y emplean varios tipos de evaluadores desde un panel experto hasta consumidores, aplican pruebas específicas como en la industria del vino, cerveza, café, té y en bebidas espirituosas, donde tienen un esquema para seleccionar, capacitar y monitorear a los evaluadores (Sipos et al., 2021).

Sin embargo, esto no es posible en los alimentos nuevos en desarrollo. La industria de bebidas está obligada a innovar y diversificar sus productos para aprovechar los recursos frutícolas temporales para la elaboración de jugos, licores y vinos. Un caso particular es la elaboración de bebidas fermentadas de cítricos, que constituye una forma de dar valor agregado a la sobreproducción y a los rechazos del exigente mercado de exportación que afrontan los productores de cítricos en el Perú. Según el portal de PROCITRUS (2022) las exportaciones de cítricos en el 2019 fueron de 245 millones de toneladas y en el 2021 de 288 millones de toneladas; lo que indica que la pandemia de Covid-2019 ha generado un repunte en la comercialización a nivel mundial, por las múltiples propiedades que tienen los cítricos en especial su contenido en vitamina C, pero aun así solo se logra exportar un 20%, el resto es destinado al mercado interno que desde ya es complejo y variable donde también se generan más pérdidas. El fruto que mayor destaca en producción de cítricos es la mandarina que corresponde a un 80% seguidos de naranjas, toronjas y limones, la procedencia mayoritaria se ubica en Lima (Huaral, Cañete y Huaura) e Ica (Chincha) donde los productores buscan otras formas de aprovechamiento para las mandarinas.

La fermentación láctica y/o alcohólica de

cítricos, está tomando atención, debido a que este proceso incrementa las propiedades funcionales bioactivas que promueven la salud (Huamán et al., 2021; Multari et al., 2021; Pandove et al., 2016; Xu et al., 2022); sin embargo algunas variedades de cítricos durante la fermentación alteran sus atributos sensoriales, entre las que destacan al color, sabor y aroma, las mismas que caracterizan la típica procedencia cítrica. El sabor extraño y pérdida de compuestos volátiles son las causas de rechazo de los consumidores en los vinos de cítricos (Bi et al., 2019), para eliminar esos sabores atípicos se emplean agentes clarificantes que tiene la propiedad de reducir la presencia de glucósidos amargos "naringina" y "limonina" en el zumo o vino de los cítricos, pero origina aún más la reducción de los aromas (Bi et al., 2019; Yadav & Jain, 2019). Para contrarrestar la disminución de los aromas y sabores típicos de las bebidas cítricas Kim et al., (2017) y Multari et al., (2021) sugieren fermentar con las cáscaras y utilizar cepas mixtas en la fermentación, otra alternativa es la de añadir aceites esenciales de cítricos antes o después de la fermentación al producto final (Tomova et al., 2021). El uso de aceites esenciales de diversas fuentes se emplean en bebidas por sus propiedades funcionales, antimicrobianas y sensoriales (Kieling & Prudencio, 2019; Mitropoulou et al., 2020).

Las bebidas fermentadas de cítricos y otros alimentos diseñados y catalogados como nuevos productos se evalúan por su aceptabilidad, preferencias y opinión de los consumidores del mercado objetivo. Sin embargo, los resultados sensoriales analizados con la estadística tradicional (ANOVA) es tediosa y puede confundir por su falta de información (Næs et al., 2014). En ese sentido, la presente investigación ha propuesto un enfoque moderno para interpretar los resultados con la ayuda de una interfaz gráfica, donde se muestra el rendimiento de los panelistas, discriminación entre muestras y mapas de preferencias de los consumidores con relación al producto (Le & Husson, 2008; Pinheiro et al., 2013; Tomic et al., 2009). Esta técnica se basa en la visualización multivariable de los datos sensoriales para representar la información relativa a los objetos multidimensionales, las variables y las relaciones entre ellas de la manera más fiel posible, en gráficos, pictogramas y diagramas de baja dimensión, apoyadas por un software sofisticado y disponible (Zuziak et al., 2017).

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto del aceite esencial de cáscara de naranja sobre las características sensoriales en bebidas fermentadas de jugo mandarina, mediante visualización multivariante, empleando softwares de acceso libre con la finalidad de comparar e identificar a las muestras con mayor aceptabilidad y preferencia.

## **Material y Métodos**

### *Materia prima (frutos de mandarinas)*

Se emplearon frutos frescos de tres variedades de mandarina (Invicta, Malvacea y Rio de Oro). Los frutos procedieron de la empresa Cítricos de Calidad Meyer S.A.C. (Huaral-Lima), rechazados de la línea de proceso final, por no cumplir con los estándares para exportación.

### *Elaboración de la bebida fermentada*

Las bebidas fueron elaboradas en el Taller de Bebidas Industriales del Instituto de Educación Superior Público Huando, Huaral-Perú, según el método de Yadav & Jain, (2019) con algunas modificaciones, obteniendo un rendimiento de 76-80%. El jugo de mandarina se estandarizó a 24°Brix con adición de sacarosa; la fermentación fue con levadura *Saccharomyces cerevisiae* a una concentración de 2-5 g/L y duró entre 5 a 7 días. Se realizó un primer trasvase con la finalidad de separar los sedimentos formados por el mosto de la mandarina, durante este periodo se agregó 14 g/hl de metabisulfito de sodio y 14 g/hl de sorbato de potasio controlando que el pH no baje de 3.2, luego se realizaron dos trasvases más hasta completar los 26 días, el jugo fermentado fue filtrado en placas de celulosa (Mini Jet) para mejorar la brillantez. De cada variedad de jugo de mandarina fermentada se separaron tres muestras y se envasaron en botellas de vidrio de 355 ml, a dos de ellas se agregó el AEC para resaltar los aromas y sabores cítricos en la bebida fermentada.

### *Evaluación fisicoquímica*

Los sólidos solubles totales-°Brix se midieron con un Refractómetro (ATC, escala 0 – 32), el pH con el potenciómetro digital (HI9813-6 HANNA), la acidez expresada en ácido cítrico fue estimado según la metodología de Pandove et al., (2016). Todas las mediciones se realizaron por triplicado durante la fermentación y en el

periodo de trasvases.

### *Obtención del aceite esencial cáscara de naranja y adición a la bebida fermentada*

El AEC se extrajo mediante el método de destilación por arrastre con vapor de agua siguiendo las etapas recomendadas por Bedoya-Betancur et al., (2021) y Tomova et al., (2021). Se empleó cascara de naranja fresca (variedad navel) cortada en trozos pequeños y colocadas en un recipiente cerrado y sometido a una corriente de vapor de agua sobrecalentado. Los aceites esenciales obtenidos fueron recolectados en frascos de color ámbar y se adicionaron a las tres bebidas fermentadas en dosis de 0,00 (control); 0,25 y 0,42 ml por cada litro de bebida. Se obtuvieron las siguientes muestras conteniendo AEC: Invicta-0,25-ml/L; Invicta-0,42-ml/L; Rio del Oro-0,25-ml/L; Rio del Oro-0,42-ml/L; Malvacea-0,25-ml/L y Malvacea-0,42-ml/L, las muestras correspondientes a las bebidas fermentadas control fueron tres sin adición de AEC; Invicta-0-ml/L, Rio del Oro-0-ml/L y Malvacea-0-ml/L.

### *Evaluación sensorial*

Se emplearon 19 panelistas (7 varones y 12 mujeres, edad entre 18 a 35 años) semi entrenados conformados por estudiantes de Industrias Alimentarias. Se les entregó las nueve muestras (BFJM) en vasos conteniendo 20 ml (Yuasa et al., 2021), más un vaso con agua mineral para enjuagarse después de realizada la cata del fermentado. Se utilizó un cuestionario con escala hedónica de cinco puntos con cinco atributos: color, aroma, sabor, consistencia y aceptabilidad general. Los panelistas indicaron su nivel de agrado, desde "gusta mucho" hasta "disgusta mucho".

### *Análisis estadístico*

Los datos sensoriales obtenidos de la puntuación hedónica de las nueve BFJM fueron analizados teniendo en cuenta tres aspectos básicos; a) la performance de los panelistas, b) perfil sensorial conociendo la interacción de los panelistas con las bebidas en la aceptabilidad, y c) análisis de preferencias de los panelistas con relación a las bebidas fermentadas. Los programas usados para visualizar los análisis y sus características fueron:

PanelCheck V1.4.2 (Tomic et al., 2009); para

diagramas y gráficos de los valores p y F en base al ANOVA, incluyendo perfiles de los atributos mediante diagramas tipo radar o “spider plot” ([www.panelcheck.com](http://www.panelcheck.com)).

R Software versión 4,1,3 (R Core Team, 2022); se usó el paquete fmsb V0,7,3 para generar los diagramas tipo radar en forma individual o grupal del perfil sensorial, el paquete aplpack V1,3,5 para generar los pictogramas faciales de Chernoff (Tabart et al., 2014; Zuziak et al., 2017), los paquetes FactoMineR (Lê et al., 2008) y SensoMineR V1.26 (Le & Husson, 2008) se emplearon para generar las tablas graficas de la performance de los panelistas en base al valor-p del ANOVA, caracterización del producto mediante el Análisis de Componentes Principales (ACP), tablas graficas de la discriminación panelista-bebida mediante la prueba de Hotelling  $T^2$ , clasificación de panelistas y producto con el Análisis de Clúster, elipses de confianza con la técnica de bootstrapping y mapa de preferencia internas (MPI) basados en los dos primeros componentes principales (SensoMineR, disponible en [www.sensominer.free.fr](http://www.sensominer.free.fr)).

Circos V0,69,9 (Krzywinski et al., 2009), fue usado para generar un mapa de circos, cintas o cuerdas. Es un diagrama circular que muestra la

relación de cada producto (BFJM) con las variables de atributos sensoriales mediante las cuerdas de colores únicos, esta herramienta también fueron empleados por Cai et al., (2020) en la clasificación de alcoholes en vinos de dátiles ([www.circos.ca](http://www.circos.ca)).

SensoMaker V1,92 (Pinheiro et al., 2013) empleado para generar un mapa de preferencias internas (MPI) de tres vías mediante el análisis factorial paralelo (PARAFAC) para una generalización del análisis de componentes principales (ACP) de datos multidimensionales (Moraes et al., 2016), considerando una matriz con datos de [panelistas]x[bebidas]x[atributos] y la clase (genero) de los panelistas (<https://www.ufla.br/sensomaker/>).

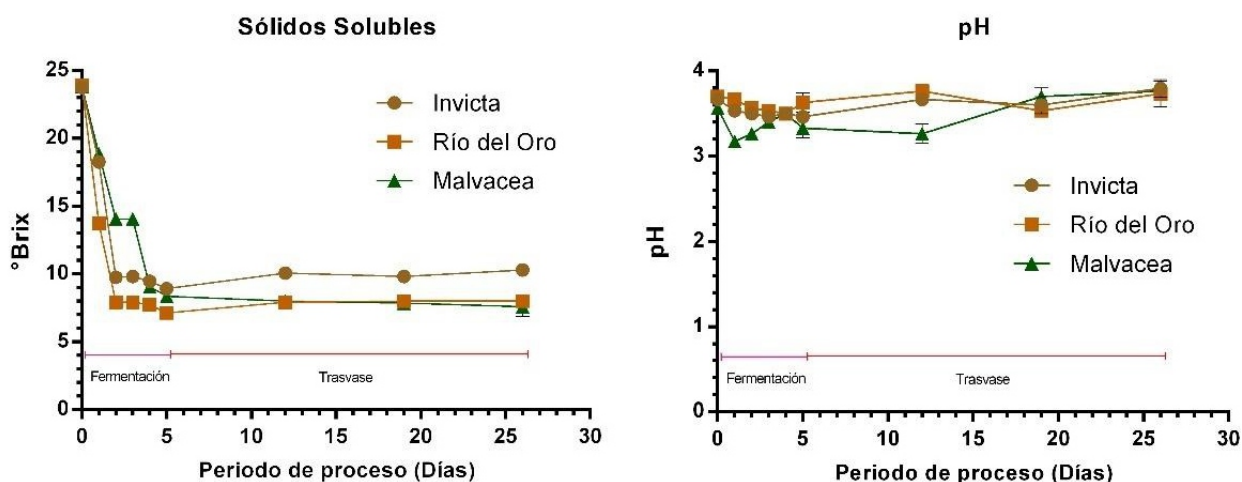
## Resultados y discusión

### Características del jugo de mandarina durante la fermentación

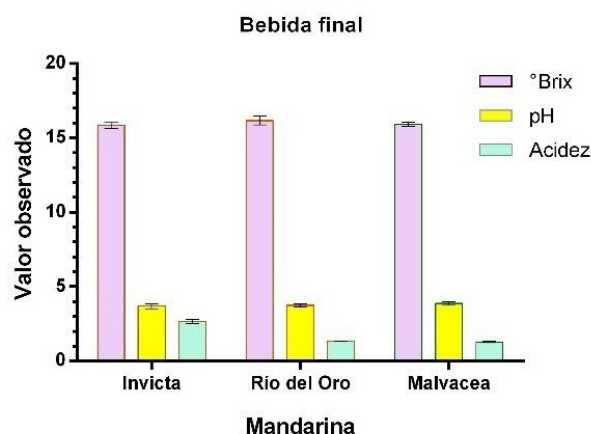
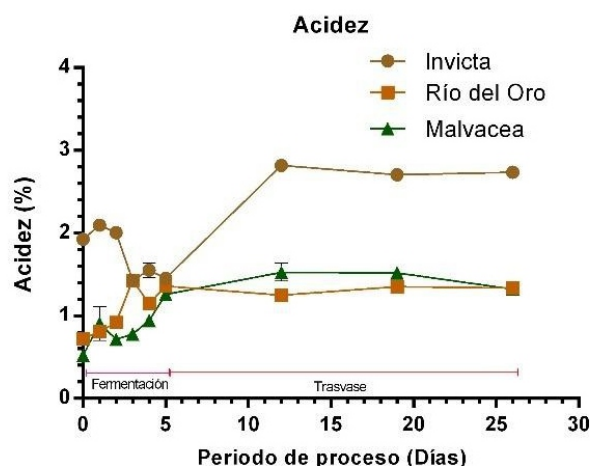
Los datos de sólidos solubles, pH y acidez del jugo de mandarina durante el periodo de fermentación y en los trasvases se muestran en la Figura 1.

**Figura 1**

*Variación del pH, sólidos solubles (°Brix) y acidez titulable (%) del jugo de mandarina durante el proceso de fermentación*







El valor del pH experimentó una ligera disminución en el jugo de las mandarinas Invicta (3,7 a 3,5) y Malvacea (3,6 a 3,4) y permaneció constante en la variedad Río del oro (pH 3,7). Después de los trasvases, los tres jugos fermentados se estabilizaron en un pH de 3,8. Los sólidos solubles se redujeron drásticamente bajando de 24 hasta 9,0; 8,5 y 7,5 °Brix en los jugos de mandarina Invicta, Malvacea y Río del Oro respectivamente. Estos valores indican el consumo de azúcares por parte de las cepas de *S. Cerevisiae*. La bebida final fue estandarizada a un valor de 16 °Brix con la finalidad de mejorar el sabor. La acidez titulable del jugo de mandarina Invicta disminuyó levemente de 1,94 a 1,45 % y durante el trasvase se elevó a 2,75 %; la acidez del jugo de mandarina Malvacea se incrementó de 0,53 a 1,27 % durante la fermentación y en la etapa de los trasvases se elevó hasta 1,34 %, la acidez del jugo de mandarina Río del Oro se incrementó de 0,73 a 1,36 % durante el periodo de

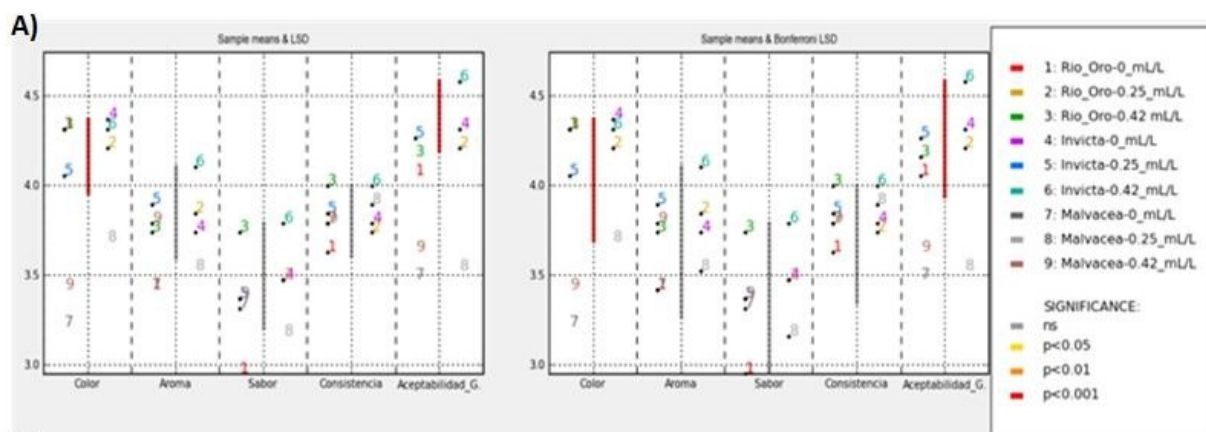
fermentación y a 1,34 % en el periodo de los trasvases.

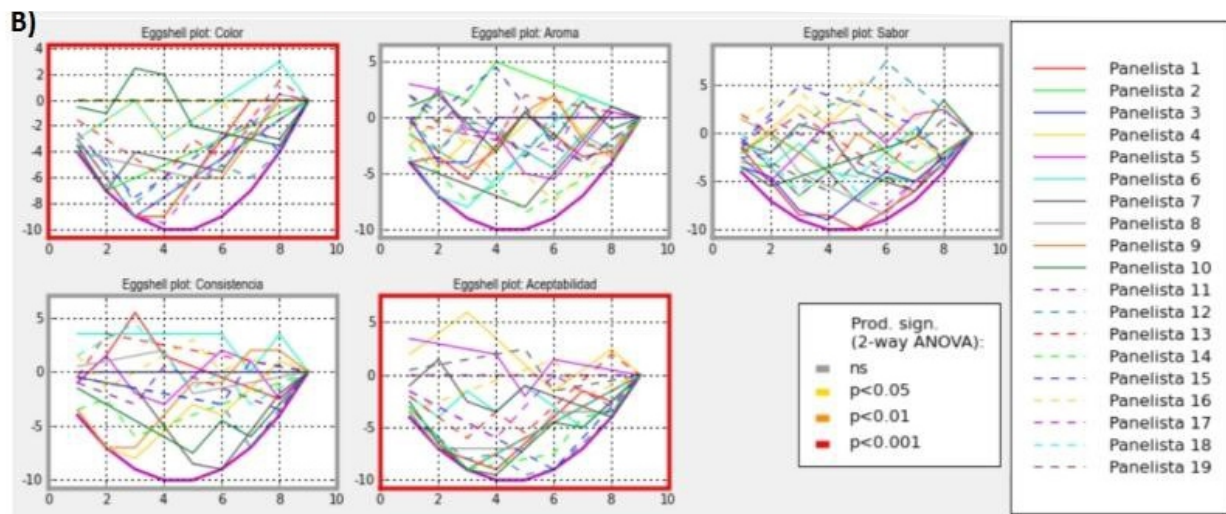
### Performance de los panelistas

La figura 2 expone los resultados correspondientes a la evaluación del rendimiento de los panelistas en base a la escala de intensidad hedónica de cada bebida y comparado entre todos los evaluadores. En la Figura 2A se muestra una gráfica con barras verticales de las puntuaciones promedio de cada atributo y bebida evaluada (numeración del 1 al 9). El color de la barra distingue el nivel de significancia en la comparación múltiple de las medias según la prueba LSD. El rojo indica que los atributos color y aceptabilidad presentan diferencias altamente significativas ( $p < 0,001$ ), el gris en el aroma, sabor y consistencia indican que no hay diferencias significativas en estos atributos en las BFJM.

**Figura 2**

Performance de los panelistas en la evaluación sensorial de las bebidas fermentadas. A) nivel de significancia en atributo—bebidas con la prueba LSD. B) Graficas de “cáscara de huevos” del consenso de los panelistas en los atributos para cada muestra de bebida





La Figura 2B muestra gráficos llamados cáscara de huevo “eggshell plot” para cada atributo evaluado por los panelistas (líneas de colores), Lanza & Amoroso (2020) indican que este método realiza una visualización de una comparación gráfica de los resultados de todos los evaluadores en un único gráfico y resulta valioso para detectar diferencias o desacuerdos. La línea de consenso (línea púrpura) se asemeja a una parábola con un mínimo en la mitad de las clasificaciones, en nuestro caso, con una derecha más alta, ubicada en la parte baja delimitada por el eje donde se ubican las muestras (bebidas), cada evaluador está representado por su propia línea, si se aleja de la línea base indica mayor discrepancia y lo contrario un mayor consenso. Los resultados indican que en todas las evaluaciones de los atributos los panelistas no lograron un consenso, hubo panelistas que discreparon en un atributo, pero en otros su línea estuvo más cerca a la base de consenso; esta variabilidad sugiere que los panelistas necesitaron un mayor entrenamiento y repetición de las sesiones de evaluación (Tomic et al., 2009).

En el recuadro del ANOVA de dos vías se muestra el nivel de significancia, las gráficas con bordes de color rojo en los atributos de color y aceptabilidad indican diferencias altamente significativas ( $p < 0.001$ ) y los recuadros de color gris indican que no hay diferencias significativas. Los gráficos de cáscara de huevo serían los más adecuados para visualizar y evaluar el rendimiento de los panelistas.

El análisis anterior visualizó la interacción

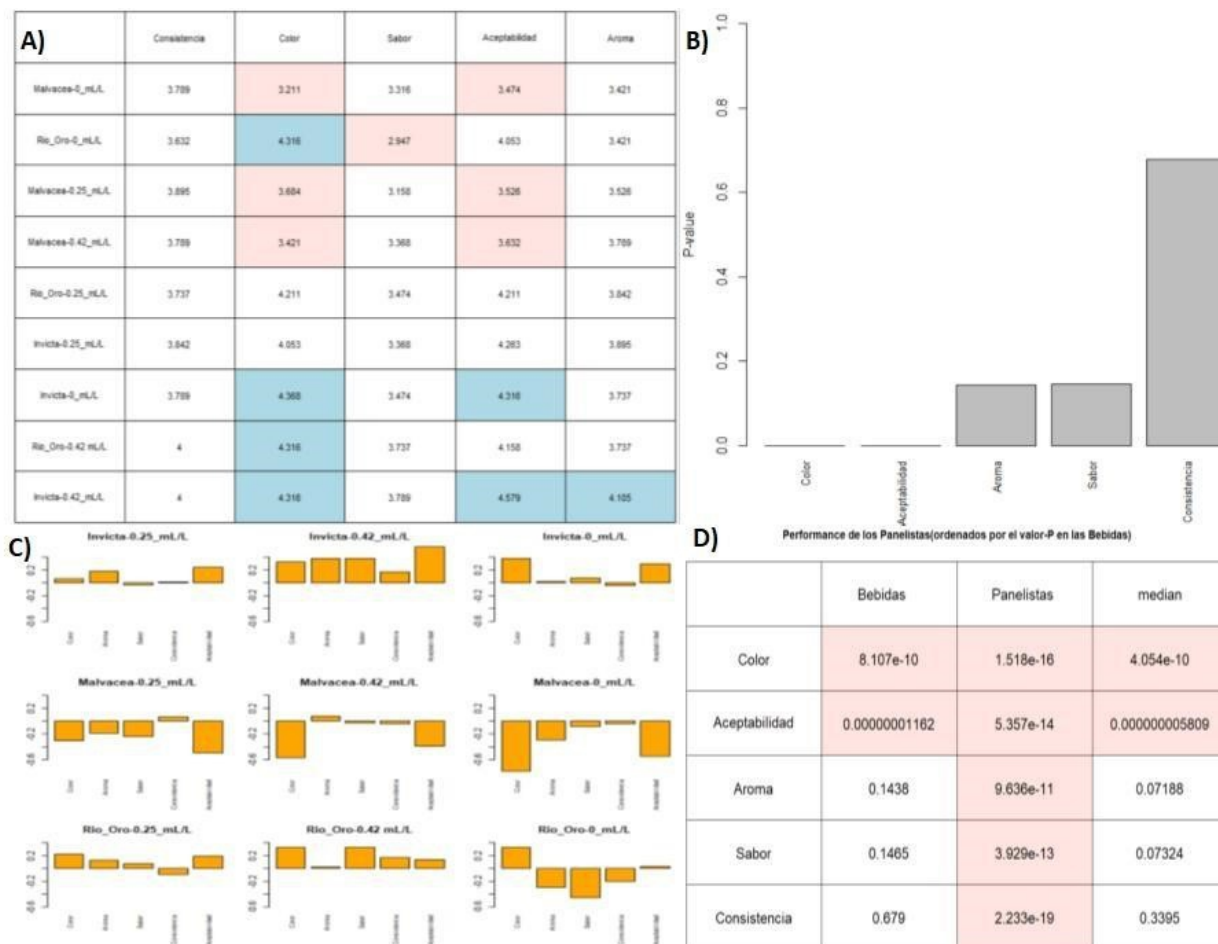
panelista-atributo y panelista-producto, no estableció que bebidas presentaron puntuaciones en sus atributos que originaron una mayor variabilidad frente al rendimiento de los panelistas. Las tablas y gráficas de la figura 3 ayudan a interpretar mejor esos resultados basados en un ANOVA con un modelo lineal mixto que describe la puntuación sensorial en función de los efectos de las muestras (bebidas) y panelistas.

En la Figura 3A se presenta una tabla con las medias ajustadas calculadas para cada bebida y para cada atributo sensorial con la siguiente característica: celdas con un código de color para cada coeficiente de significancia; blanco cuando la media individual no presenta diferencia con la media global, rojo cuando es significativamente menor y azul cuando el coeficiente es significativamente mayor, esta coloración está relacionada al valor-p asociado a la prueba F del efecto de la muestra en cada panelista (López-López et al., 2019).

Los resultados indican que la consistencia no es un atributo discriminante, el sabor tiende a una actitud semejante a excepción de la bebida proveniente de mandarina Rio del Oro sin AEC; por el contrario, la bebida elaborada con jugo de mandarina Invicta con dosis máxima de AEC tiene una puntuación alta en el atributo aroma lo que le confiere una diferencia con las otras bebidas. Los atributos de color y aceptabilidad exponen una variabilidad en los tres niveles de significancia en las bebidas.

**Figura 3**

Rendimiento de los panelistas y poder de discriminación de las muestras. A) Tabla de promedio globales de atributos en las bebidas. B) Valor-P de los atributos en las BFJM. C) Efecto de los atributos en las bebidas. D) Rendimiento global del panel



La Figura 3B muestra la intensidad del valor-p, que visualiza lo expuesto en la Figura 3A, los atributos de color y aceptabilidad presentan significancia ( $P < 0,05$ ) debido a que los panelistas perciben diferencias en las bebidas, mientras que los atributos aroma, sabor y la consistencia no presentan significancia ( $P > 0,05$ ).

Los valores de significancia son mostrados en la figura 3D, esta tabla con los coeficientes ANOVA facilita la interpretación de la performance de los panelistas, se presentan diferencia significativa (celda color rojo,  $P < 0,05$ ) para todos los atributos por la falta de consenso, los atributos de color y aceptabilidad fueron los descriptores sensoriales que permitieron discriminar entre bebidas.

La caracterización de las 9 BFJM en base a

sus atributos se muestran en la Figura 3C, la gráfica de barras intensifica los coeficientes de la desviación estándar modelando como respuesta a los atributos y como factores a las bebidas y panelistas.

Se observó una clara discriminación en las bebidas provenientes de la variedad Malvacea (coeficientes bajos y negativos), así mismo se visualizó similitudes y diferencias entre atributos para cada muestra, como el caso del color que presenta coeficientes semejantes en todas las bebidas de mandarina Invicta y Rio del Oro, esta observación refuerza la falta de consenso de los panelistas. Las tablas en las Figuras 3A y 3D son gráficas que nos permiten conocer de manera rápida las muestras discriminadas y el rendimiento de los panelistas.

### Caracterización de las bebidas por análisis multidimensional

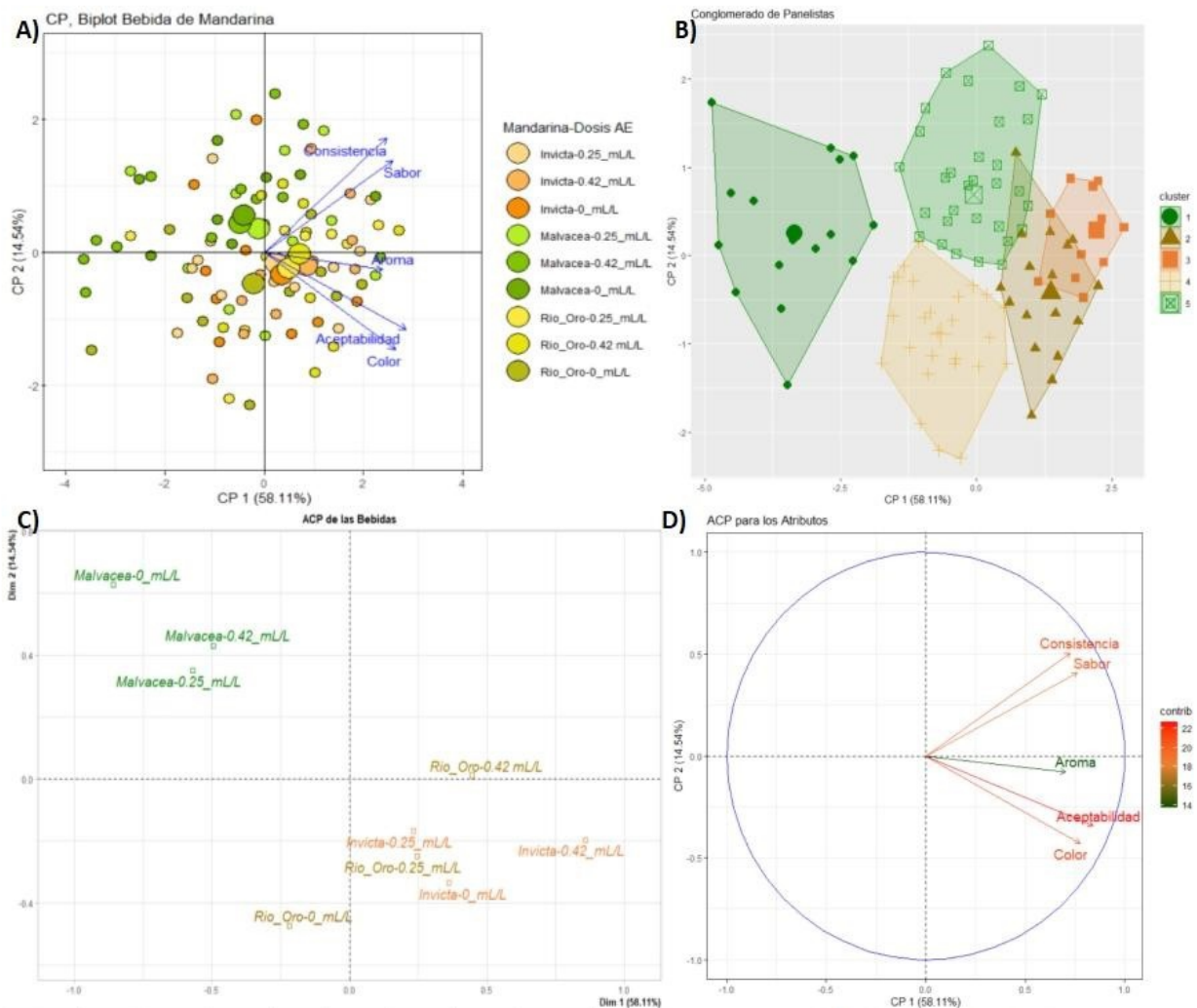
La figura 4 muestra el análisis multivariante que permitió visualizar, analizar la caracterización y segregación de las bebidas. Las técnicas más empleadas son el ACP y la agrupación jerárquica (López-López et al., 2018; Tabart et al., 2014). El ACP explica la correlación y variabilidad de un arreglo de datos, donde los productos (bebidas) están en las filas y los descriptores sensoriales (atributos) en las columnas (Le & Husson, 2008; Zuziak et al.,

2017), un plano bidimensional llamados componentes principales explican la máxima variación.

La Figura 4A presenta una gráfica de ACP tipo biplot donde los dos componentes principales en conjunto explican el 72,65% de la variabilidad total, se presentó una alta dispersión de las respuestas de los panelistas en los cuatro cuadrantes. La Figura 4B es un ACP con cinco conglomerados, esto indicaría que los panelistas percibieron al menos 5 bebidas diferentes.

### Figura 4

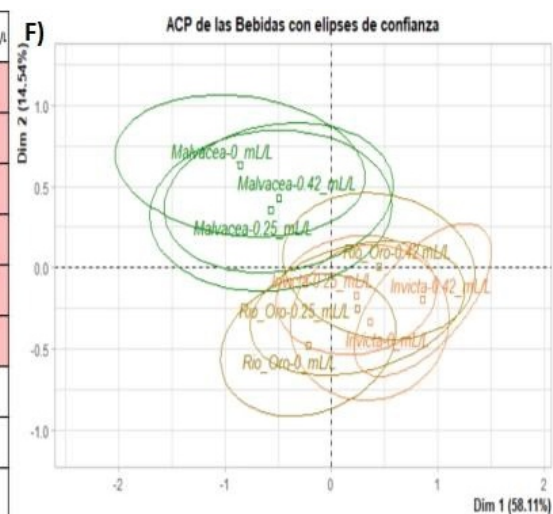
*Proyección gráfica del primer y segundo ACP de la evaluación sensorial de las BFJM. A) Biplot de la dispersión de las muestras y atributos. B) Clasificación jerárquica en la agrupación de panelistas por bebidas. C) ACP para las muestras BFJM. D) Proyección de la contribución de los descriptores o atributos sensoriales. E) Valor-p de las distancias entre muestras mediante la prueba de Hotelling. F) Elipses de confianza sobre las bebidas*





**E)**

	Rio_Oro-0_mL/L	Rio_Oro-0.25_mL/L	Rio_Oro-0.42_mL/L	Invicta-0_mL/L	Invicta-0.25_mL/L	Invicta-0.42_mL/L	Malvacea-0_mL/L	Malvacea-0.25_mL/L	Malvacea-0.42_mL/L
Rio_Oro-0_mL/L	1	0.0668	0.0142	0.0621	0.0073	8.55E-05	7.23E-07	0.0023	1.10E-05
Rio_Oro-0.25_mL/L	0.0668	1	0.9419	0.6198	0.9496	0.2115	1.33E-05	0.0056	3.56E-04
Rio_Oro-0.42_mL/L	0.0142	0.9419	1	0.4221	0.9166	0.3116	1.93E-05	0.0075	4.75E-04
Invicta-0_mL/L	0.0621	0.6198	0.4221	1	0.4157	0.1438	1.32E-06	0.0007	3.52E-05
Invicta-0.25_mL/L	0.0073	0.9496	0.9166	0.4157	1	0.0499	1.43E-05	0.0046	4.48E-04
Invicta-0.42_mL/L	8.55E-05	0.2115	0.3116	0.1438	0.0499	1	4.53E-07	2.23E-05	1.11E-05
Malvacea-0_mL/L	7.23E-07	1.33E-05	1.93E-05	1.32E-06	1.43E-05	4.53E-07	1	0.2315	0.3838
Malvacea-0.25_mL/L	0.0023	0.0056	0.0075	0.0007	0.0046	2.23E-05	0.2315	1	0.3561
Malvacea-0.42_mL/L	1.10E-05	0.0004	0.0005	3.52E-05	0.0004	1.11E-05	0.3838	0.3561	1



La Figura 4C es un ACP de las 9 BFJM individuales, el primer CP1 distingue diferencias sensoriales entre las bebidas de la variedad Malvacea con las otras bebidas de las variedades Invicta y Río de Oro, el mismo eje visualizó que la bebida Río del Oro sin AEC es discriminada pero las que contienen AEC se ubican en el otro sector conjuntamente con las bebidas elaboradas con la variedad Río de Oro. Esto explicaría la mejora en estas bebidas con la adición de AEC. El CP2 muestra el contraste entre las bebidas de la Variedad Malvacea y las de Río de Oro aún sin AEC, lo que explica una diferencia sensorial entre estas bebidas.

La Figura 4D muestra el ACP en función de los atributos con círculo de correlación donde se visualiza una relación positiva en el CP1, además el vector con mayor longitud es la aceptabilidad cuyo atributo tuvo mayor contribución o poder discriminante y el aroma fue el atributo con menor contribución.

La ubicación de los atributos en los cuadrantes positivos coincidiendo con la posición de las bebidas de las variedades Invicta y Río de Oro, indicaría que tienen mayor intensidad en la aceptabilidad, por el contrario, las BFJM de la variedad Malvacea no tienen relación con los atributos. El CP2 de la figura 4D explica que la consistencia y el sabor se relaciona débilmente con las BFJM de la variedad Malvacea y que la aceptabilidad, color y aroma se relacionan mejor con las bebidas procedentes de

las variedades Invicta y Río del Oro.

Para visualizar el poder discriminante del panel se emplearon las elipses de confianza en el ACP (mostrado en la Figura 4F). El CP1 solo discriminó las bebidas elaboradas con la variedad Malvacea, ya que generó elipses grandes superpuestas y semejantes en dos grupos de bebidas, esto sería a causa de la mayor variabilidad que presentaron los datos del panel (Ramírez-Rivera et al., 2020) en todos los atributos evaluados.

Una forma de distinguir las diferencias y similitudes entre muestras es mediante las distancias significativas de la prueba de  $T^2$  Hotelling mostrada en la Figura 4E, donde la tabla gráfica contiene celdas con valor-p y las de color rojo indican que ambas bebidas se perciben como significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ), se aprecia claramente que las tres bebidas provenientes de la mandarina Malvacea no presentaron diferencias significativa entre ellas, pero son altamente significativas con las otras bebidas.

Las bebidas provenientes de las variedades Invicta y Río del Oro se perciben como semejantes cuando se añade el AEC, lo que demuestra que la adición del AEC mejoró la percepción sensorial en las BFJM de estas dos variedades y no en las bebidas de la variedad Malvacea. Las gráficas que aprecian mejor la caracterización y discriminación de las bebidas fueron mediante el ACP tipo biplot y las que

contienen las elipses de confianza.

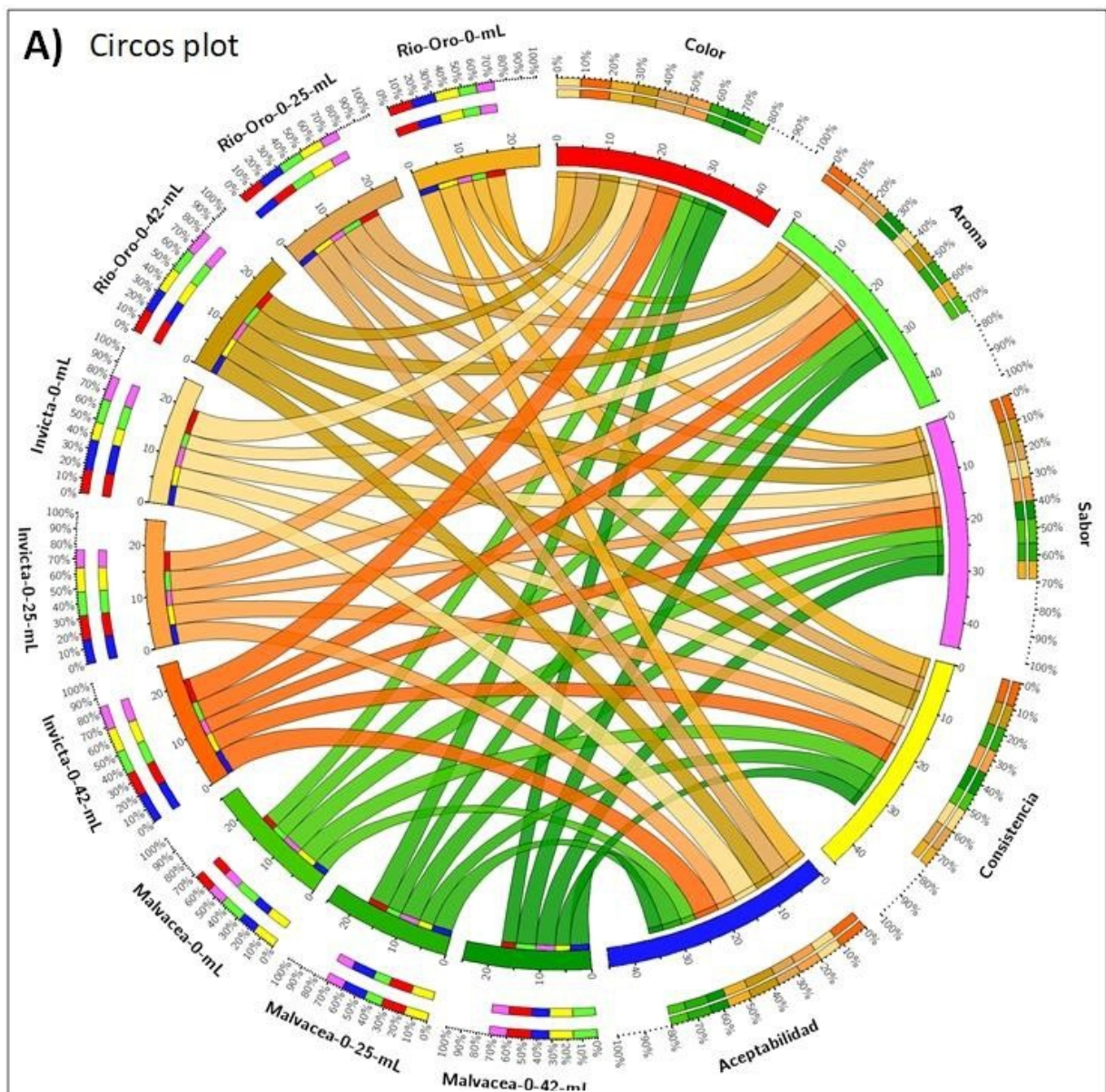
### Comparación de las bebidas con el perfil sensorial

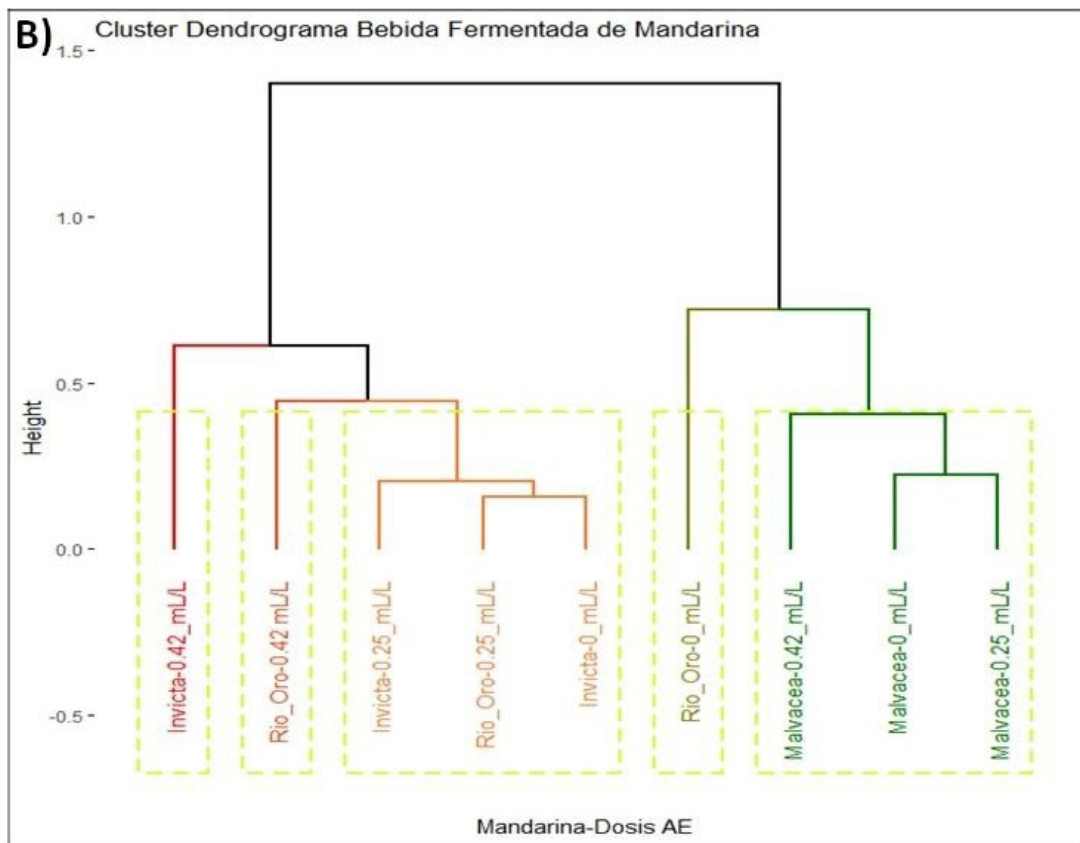
Los datos sensoriales fueron analizados y comparados en base a los promedios globales de los atributos en cada muestra, de modo que con

una matriz reducida de nueve BFJM por cinco atributos se visualizaron las relaciones, similitudes y diferencias. Se propuso la herramienta gráfica denominada circos, que es un ideograma usado por Krzywinski et al., (2009) en la visualización de datos genómicos.

**Figura 5**

Diagrama de interacción sensorial y agrupamiento de las bebidas. A) Mapas de cintas de la relación sensorial. B) Dendrograma de similitud en grupos de bebidas





La Figura 5A muestra un mapa de cintas o cuerdas “circos plot” que es un gráfico circular que correlacionan las muestras (BFJM) y los atributos sensoriales identificadas por colores; en el arco exterior se ubican las etiquetas de las muestras (bebidas en la izquierda) y variables (atributos en derecha), cada sección del arco contiene barras de colores con las puntuaciones de los atributos acumulados en porcentaje. Esta gráfica visualizó que la aceptabilidad fue el atributo de mayor puntuación, acumulando 80% y el sabor obtuvo la más baja puntuación con 68%, los arcos circulares internos identifican con sus colores propios a las muestras y a las variables tabuladas, con una puntuación acumulada que el máximo debe ser 25 puntos y para los arcos de atributos el puntaje máximo es de 45 puntos.

El ancho de las cintas dan cuenta el promedio de cada atributo e interrelacionan muestra-atributo, la superposición de estas cintas indican una interdependencia de mayor importancia. Se observó que la cinta correspondiente a la interconexión entre la bebida Invicta-0,42 ml/L y

la aceptabilidad es la predominante y lo mismo con el atributo color; sin embargo, las cintas que corresponden a las BFJM de la variedad Malvacea se conectan con todos los atributos con un ancho de cinta menor que las otras bebidas y se ubican el fondo del tramado de cintas, esto indica su menor importancia o baja puntuación por parte de los panelistas.

La Figura 5B visualiza un dendrograma del agrupamiento jerárquico de las BFJM basada en las distancias euclidianas de las puntuaciones de los atributos. Se formaron 5 clúster de bebidas, destacando la Invicta-0,42 ml/L y Río de Oro-0,42 ml/L que se encuentran separadas, un tercer grupo lo conforman las tres bebidas Invicta-0,25 ml/L; Río de Oro-0,25 ml/L e Invicta sin AEC, más alejada se encuentra la bebida Río del oro sin AEC y el último grupo están las bebidas procedentes de la variedad de mandarina Malvacea, esta gráfica agrupó las bebidas de acuerdo a su importancia de valoración sensorial.

Los perfiles sensoriales también son representaciones gráficas que interpretan las

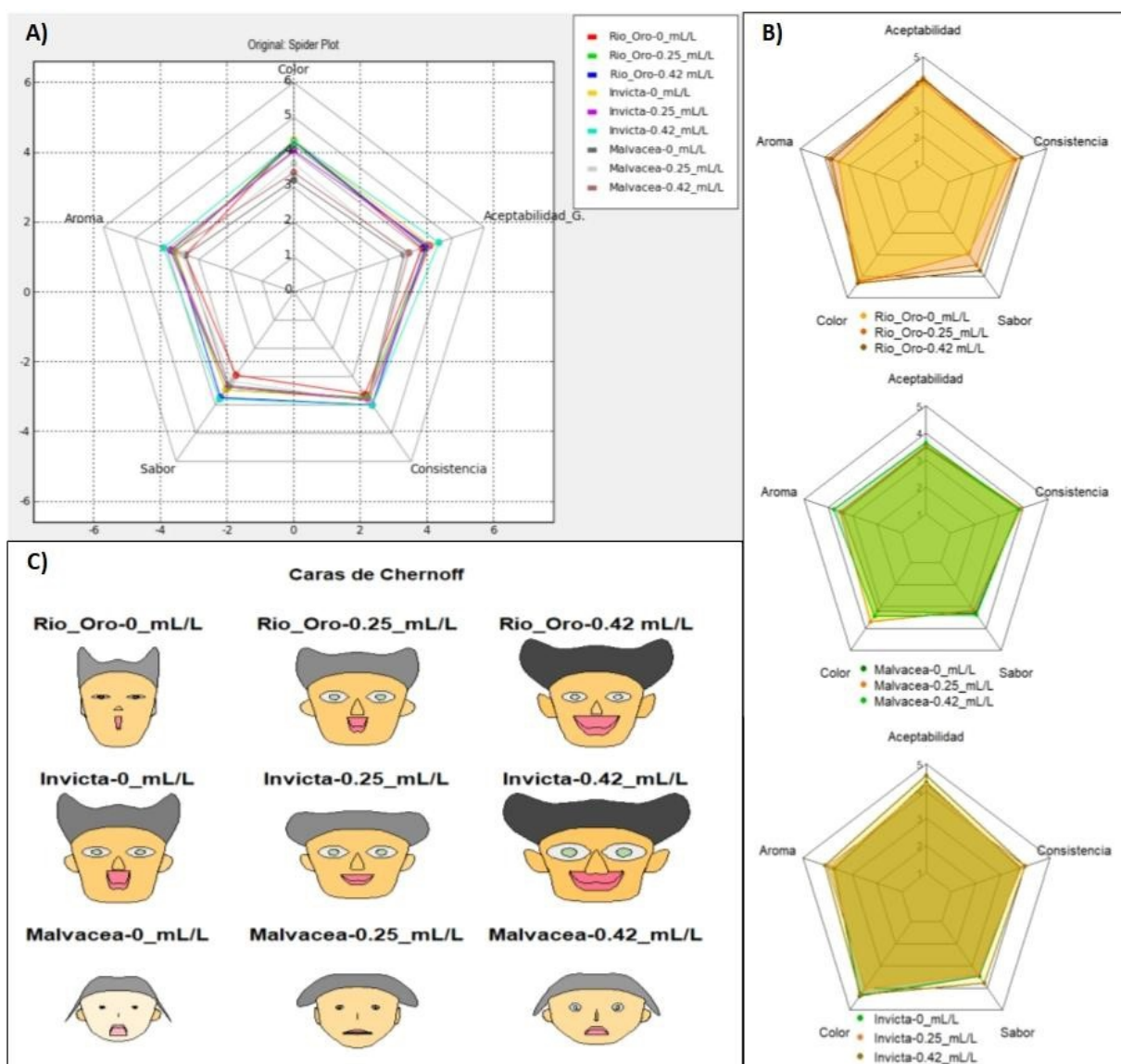


diferencias y similitudes de las muestras. En la figura 6 se muestran dos formas, la más usada tipo radar o tela de araña y la otra menos empleada son los pictogramas de las caras de Chernoff. La Figura 6A visualiza el perfil sensorial en función del promedio de los atributos

sensoriales mediante una gráfica de polígonos tipo tela de araña “spider plot”, la bebida Invicta-0.42 ml/L obtuvo mayor puntuación en los atributos de aceptabilidad, color y sabor, pero la consistencia y aroma son atributos que visualmente no se aprecia sus diferencias.

### Figura 6

Representación gráfica de los perfiles sensoriales de las muestras. A) Perfil tipo radar de todas las muestras. B) Perfil tipo radar de las bebidas agrupadas por sus variedades de mandarina. C) Pictogramas de caras de Chernoff de la apreciación de las bebidas





La Figura 6C visualiza caras de Chernoff que son imágenes faciales que representan una observación multivariable cuantitativa en un rostro humano. En la evaluación sensorial de las BFJM son 5 atributos que definen las

características del rostro cuyas asociaciones se explican en la tabla 1 y permiten comparar las muestras de forma más divertida e identificar las diferencias más destacadas entre las distintas caras (Tabart et al., 2014).

**Tabla 1**

*Características faciales que asocian con los atributos sensoriales para la generación de las caras de Chernoff*

Atributos	Características faciales
Color	Altura de la cara, sonrisa, estilo del cabello
Aroma	Ancho de la cara, alto de los ojos, altura de nariz
Sabor	Altura de boca, altura de cabello, ancho de la oreja
Consistencia	Ancho de la boca, anchura del cabello, altura de las orejas
Aceptabilidad	Estructura de la cara, ancho de los ojos, ancho de la nariz

Esta técnica basada en iconos fue empleada por Zuziak et al., (2017) en la clasificación por discriminación voltamétrica de 72 infusiones de té de varios tipos y procedencias, logrando combinar diversos parámetros voltamétricos para dibujar las imágenes faciales con una mejor interpretación visual. Otro ejemplo de uso es lo reportado por Tabart et al., (2014) en la comparación visual de la capacidad antioxidante, vitamina C y contenido de polifenoles en 10 bebidas comerciales de zumo de grosellas negras, cada método de capacidad antioxidante y componente del jugo es una variable comparable que se asocia con las características de la cara (sonrisa, forma, boca, ojos, nariz, orejas, etc.).

Los resultados resaltan un rostro prominente que corresponde a la bebida Invicta-0,42 ml/L con una cara, ojos y nariz más grande que las otras representaciones faciales, esta característica corresponde a una mayor aceptabilidad, también se aprecia una diferenciación en la prominencia del cabello y ancho de boca, esta característica asociada al sabor de la bebida.

El otro rostro que destaca es la Río de Oro-0,42 ml/L que comparte algunas características similares como altura de la cara y tamaño de las orejas, lo que indicaría que estas bebidas tuvieron apreciaciones iguales en el color, las bebidas elaboradas con la variedad de mandarina Malvacea exponen rostros que muestran la baja puntuación en sus atributos sensoriales, incluso el color y el tono de las caras son indicativos de la

diferencia que presentan estas muestras. La facilidad de visualizar los atributos asignados a las características físicas del rostro hace de esta técnica una potente herramienta que puede aplicarse sin dificultad en los análisis de evaluación sensorial.

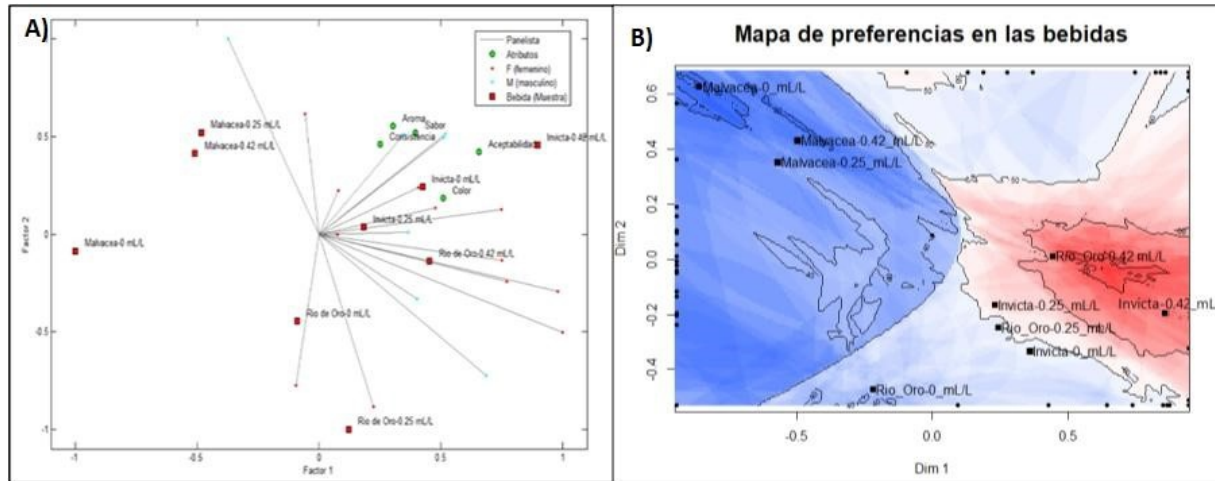
#### *Cartografía o Mapas de preferencias*

El mapeo de preferencias es un método efectivo para obtener una mejor comprensión del comportamiento de los consumidores en relación con los productos (Della-Lucia et al., 2016). En la figura 7 se presentan 2 métodos para la generación del mapa de preferencia interno de las bebidas en base a los puntajes hedónicos para visualizar el grado de apreciación de cada BFJM.

La Figura 7A es un mapeo de tres vías empleado para mostrar la aceptación de las bebidas relacionado con los panelistas y atributos (Curi et al., 2017), se apreció un sector de mayor preferencia hacia dónde se dirigen las líneas de intensidad de los panelistas (se identifica el género). En el primer cuadrante se concentraron todos los atributos destacando la aceptabilidad y cerca de ella se ubicó la bebida Invicta-0,42 ml/L, también las otras dos bebidas de la misma variedad y la de Río de Oro-0,42 ml/L, esto indica que estas dos variedades son las que lograron mejorar su preferencia ante una dosis alta de AEC y las bebidas elaboradas con mandarinas de la variedad Malvacea no mejoraron sus características sensoriales.

**Figura 7**

Mapas de preferencias de las BFJM. A) Mapeo de preferencia por análisis PARAFAC. B) Mapa de preferencia con áreas mediante ACP



La Figura 7B corresponde a un mapeo en base al ACP que es tradicional en estudios de preferencia de consumidores identificando el área donde se llega a un consenso de mayor satisfacción sensorial (Janiaski et al., 2016). Se observó que en la zona o área de mayor preferencia se ubicaron las bebidas Inivicta-0,42 ml/L y Río de Oro-0,42 ml/L cuantificado entre el 60 y 70 % que los panelistas prefieren a estas bebidas. La bebida Inivicta-0,25 ml/L goza de un 50% de preferencia, las otras bebidas de esta misma variedad de mandarina llegan alcanzar un 40% de preferencia, pero las bebidas procedentes de la mandarina variedad Malvacea se ubican en un área de sólo 30% de agrado y se identificaría como una variedad con poca oportunidad para ser aprovechada en forma de bebida fermentada y sus puntajes hedónicos no mejoraron con la adición de AEC.

**Conclusiones**

La adición de aceites esenciales de la cáscara de naranja mejoró la apreciación sensorial de las bebidas fermentadas elaboradas a partir del jugo de mandarina de las variedades Inivicta y Río de Oro, logrando mayor preferencia. La visualización de los datos multivariados en diferentes formas gráficas demostró ser una poderosa herramienta que interpretó mejor los resultados del análisis estadístico de los datos sensoriales de las bebidas evaluadas.

**Referencias**

- Bedoya-Betancur, S., Amar-Gil, S., Barrera Zapata, R., Arriola Villaseñor, E., Ardila Arias, A. N., Bedoya Betancur, S., Amar Gil, S., Barrera Zapata, R., Arriola Villaseñor, E., & Ardila Arias, A. N. (2021). Escenario técnico y económico para la valorización integral a pequeña escala de residuos de naranja en Colombia. *Ingeniería*, 26(3), 367-380. <https://doi.org/10.14483/23448393.17783>
- Bi, J., Li, H., & Wang, H. (2019). Delayed Bitterness of Citrus Wine Is Removed Through the Selection of Fining Agents and Fining Optimization. *Frontiers in Chemistry*, 7, 185. <https://doi.org/10.3389/fchem.2019.00185>
- Cai, W., Tang, F., Guo, Z., Guo, X., Zhang, Q., Zhao, X., Ning, M., & Shan, C. (2020). Effects of pretreatment methods and leaching methods on jujube wine quality detected by electronic senses and HS-SPME-GC-MS. *Food Chemistry*, 330, 127330. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127330>
- Curi, P. N., Almeida, A. B. de, Tavares, B. de S., Nunes, C. A., Pio, R., Pasqual, M., & Souza, V. R. de. (2017). Optimization of tropical fruit juice based on sensory and nutritional characteristics. *Food Science and Technology*, 37(2), 308-314. <https://doi.org/10.1590/1678-457x.24716>
- Della-Lucia, F., Do Carmo, J. R., Morais, C. S.

- N., Nunes, C. A., Pinheiro, A. C. M., Ferreira, E. B., Pinto, S. M., de Abreu, L. R., & Vilas Boas, E. V. de B. (2016). Physicochemical and sensory quality of several commercial Brazilian chocolate milk beverages. *International Journal of Dairy Technology*, 69(3), 364-371. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12267>
- Huamán, C. J. V., Rojas, L. V., Villavicencio, C. J. C., & Paucar, T. de la F. C. (2021). Fermentación alcohólica por *Saccharomyces cerevisiae* y cuantificación de flavonoides del zumo de Citrus x clementina (naranja). *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 50(3). <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rccqui/article/view/100225>
- Iannario, M., Manisera, M., Piccolo, D., & Zuccolotto, P. (2012). Sensory analysis in the food industry as a tool for marketing decisions. *Advances in Data Analysis and Classification*, 6(4), 303-321. <https://doi.org/10.1007/s11634-012-0120-4>
- Janiaski, D. R., Pimentel, T. C., Cruz, A. G., & Prudencio, S. H. (2016). Strawberry-flavored yogurts and whey beverages: What is the sensory profile of the ideal product? *Journal of Dairy Science*, 99(7), 5273-5283. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10097>
- Kieling, D. D., & Prudencio, S. H. (2019). Blends of lemongrass derivatives and lime for the preparation of mixed beverages: Antioxidant, physicochemical, and sensory properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(3), 1302-1310. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9305>
- Kim, S. S., Park, K. J., An, H. J., & Choi, Y. H. (2017). Phytochemical, antioxidant, and antibacterial activities of fermented Citrus unshiu byproduct. *Food Science and Biotechnology*, 26(2), 461-466. <https://doi.org/10.1107/s10068-017-0063-9>
- Krzywinski, M. I., Schein, J. E., Birol, I., Connors, J., Gascoyne, R., Horsman, D., Jones, S. J., & Marra, M. A. (2009). Circos: An information aesthetic for comparative genomics. *Genome Research*. <https://doi.org/10.1101/gr.092759.109>
- Lanza, B., & Amoruso, F. (2020). Panel performance, discrimination power of descriptors, and sensory characterization of table olive samples. *Journal of Sensory Studies*, 35(1), e12542. <https://doi.org/10.1111/joss.12542>
- Le, S., & Husson, F. (2008). Sensominer: A Package for Sensory Data Analysis. *Journal of Sensory Studies*, 23(1), 14-25. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2007.00137.x>
- Lê, S., Josse, J., & Husson, F. (2008). FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis. *Journal of Statistical Software*, 25, 1-18. <https://doi.org/10.18637/jss.v025.i01>
- López-López, A., Sánchez Gómez, A. H., Montaña, A., Cortés Delgado, A., & Garrido Fernández, A. (2018). Sensory profile of green Spanish-style table olives according to cultivar and origin. *Food Research International*, 108, 347-356. <https://doi.org/10.13039/501100000780>
- López-López, A., Sánchez-Gómez, A. H., Montaña, A., Cortés-Delgado, A., & Garrido-Fernández, A. (2019). Panel and Panelist Performance in the Sensory Evaluation of Black Ripe Olives from Spanish Manzanilla and Hojiblanca Cultivars. *Foods*, 8(11), 562. <https://doi.org/10.3390/foods8110562>
- Mitropoulou, G., Sidira, M., Skitsa, M., Tsochantaridis, I., Pappa, A., Dimtsoudis, C., Proestos, C., & Kourkoutas, Y. (2020). Assessment of the Antimicrobial, Antioxidant, and Antiproliferative Potential of *Sideritis raeseri* subsp. *Raeseri* Essential Oil. *Foods*, 9(7), 860. <https://doi.org/10.3390/foods9070860>
- Morais, E. C., Esmerino, E. A., Monteiro, R. A., Pinheiro, C. M., Nunes, C. A., Cruz, A. g., & Bolini, H. M. A. (2016). Prebiotic Low Sugar Chocolate Dairy Desserts: Physical and Optical Characteristics and Performance of PARAFAC and PCA Preference Map. *Journal of Food Science*, 81(1), S156-S164. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13121>
- Multari, S., Guzzon, R., Caruso, M., Licciardello, C., & Martens, S. (2021). Alcoholic fermentation of citrus flavedo and albedo with pure and mixed yeast strains: Physicochemical characteristics and phytochemical profiles. *LWT*, 144, 111133. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111133>
- Næs, T., Tomic, O., Greiff, K., & Thyholt, K. (2014). A comparison of methods for analyzing multivariate sensory data in designed experiments – A case study of salt reduction in liver paste. *Food Quality and Preference*, 33, 64-73. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2013.11.002>

- Pandove, G., Sahota, P., & Gupta, N. (2016). Development of low alcoholic naturally carbonated fermented debittered beverage from grapefruit (*Citrus paradisi*). *Journal of Applied and Natural Science*, 8(3), 1649-1653. <https://doi.org/10.31018/jans.v8i3.1017>
- Pinheiro, A. C. M., Nunes, C. A., & Vietoris, V. (2013). SensoMaker: A tool for sensorial characterization of food products. *Ciência e Agrotecnologia*, 37, 199-201. <https://doi.org/10.1590/S1413-7054013000300001>
- PROCITRUS. (2022). *Asociación de Productores de Cítricos del Perú*. <https://www.procitrus.org/revista-citrinotas.php>
- R Core Team. (2022). *R: A Language and Environment for Statistical Computing* (4.1.3) [Computer software]. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>
- Ramírez-Rivera, E. de J., Morales-Carrera, U. A., Limón-Rivera, R., Castillo-Martínez, S. I., Hernández-Salinas, G., Ramírez-Sucre, M. O., & Herrera-Corredor, J. A. (2020). Analytic hierarchy process as an alternative for the selection of vocabularies for sensory characterization and consumer preference. *Journal of Sensory Studies*, 35(1), e12547. <https://doi.org/10.1111/joss.12547>
- Sipos, L., Nyitrai, Á., Hitka, G., Friedrich, L. F., & Kókai, Z. (2021). Sensory Panel Performance Evaluation—Comprehensive Review of Practical Approaches. *Applied Sciences*, 11(24), 11977. <https://doi.org/10.3390/app112411977>
- Stone, H. (2018). Example food: What are its sensory properties and why is that important? *Npj Science of Food*, 2(1), 11. <https://doi.org/10.1038/s41538-018-0019-3>
- Tabart, J., Kevers, C., Dardenne, N., Schini-Kerth, V., Albert, A., Dommes, J., Defraigne, J.-O., & Pincemail, J. (2014). Chapter 30 - Deriving a Global Antioxidant Score for Commercial Juices by Multivariate Graphical and Scoring Techniques: Applications to Blackcurrant Juice. En V. Preedy (Ed.), *Processing and Impact on Antioxidants in Beverages* (pp. 301-307). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-404738-9.00030-1>
- Tomic, O., Luciano, G., Nilsen, A., Hyldig, G., Lorensen, K., & Næs, T. (2009). Analysing sensory panel performance in a proficiency test using the PanelCheck software. *European Food Research and Technology*, 230(3), 497. <https://doi.org/10.1007/s00217-009-1185-y>
- Tomova, T., Petelkov, I., Shopska, V., Denkova-Kostova, R., Kostov, G., & Denkova, Z. (2021). Production of probiotic wort-based beverages with grapefruit (*Citrus paradisi* L.) or tangerine (*Citrus reticulata* L.) zest essential oil addition [pdf]. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 20(2), 237-245. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2021.0902>
- Xu, A., Xiao, Y., He, Z., Liu, J., Wang, Y., Gao, B., Chang, J., & Zhu, D. (2022). Use of Non-Saccharomyces Yeast Co-Fermentation with *Saccharomyces cerevisiae* to Improve the Polyphenol and Volatile Aroma Compound Contents in Nanfeng Tangerine Wines. *Journal of Fungi*, 8(2), 128. <https://doi.org/10.3390/jo18020128>
- Yadav, R., & Jain, S. K. (2019). Physico-chemical and Sensory Quality Characteristics of Mandarin (*Citrus reticulata* Blanco.) Wine as Affected by Initial TSS and Sulphur Dioxide Concentration of the Must. *International Journal of Food and Fermentation Technology*, 9(1), 41-45. <https://doi.org/10.30954/2277-9396.01.2019.6>
- Yuasa, M., Shimada, A., Matsuzaki, A., Eguchi, A., & Tominaga, M. (2021). Chemical composition and sensory properties of fermented citrus juice using probiotic lactic acid bacteria. *Food Bioscience*, 39, 100810. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100810>
- Zuziak, J., Moskal, G., & Jakubowska, M. (2017). Effective multivariate data presentation and modeling in distinction of the tea infusions. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 806, 97-106. <https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2017.10.059>