



## Bebida alcohólica a base de aguaymanto (*Physalis peruviana*) y tomate de árbol (*Solanum betaceum*): Caracterización química y sensorial

Alcoholic drink based on golden gooseberry (*Physalis peruviana*) and tree tomato (*Solanum betaceum*): Chemical and sensory characterization

Liseth Mejía-Bustamante<sup>1</sup>; Rosi Vasquez-Cadenillas<sup>1</sup>; Marco Terrones-Miranda<sup>1</sup>;  
Milton Paredes-Goycochea<sup>1</sup>; Johonathan Salazar-Campos<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> Oficina General de Emprendimiento Empresarial, Vicepresidencia de Investigación, Universidad Nacional Autónoma de Chota, Cajamarca, Perú.

<sup>2</sup> Centro de Experimentación e Investigación, Vicepresidencia de Investigación, Universidad Nacional Autónoma de Chota, Cajamarca, Perú.

ORCID de los autores

L. Mejía-Bustamante: <https://orcid.org/0000-0002-3669-3860>

R. Vasquez-Cadenillas: <https://orcid.org/0000-0002-6436-1783>

M. Terrones-Miranda: <https://orcid.org/0000-0002-9335-0805>

M. Paredes-Goycochea: <https://orcid.org/0000-0001-8096-3517>

J. Salazar-Campos: <https://orcid.org/0000-0001-6906-1336>

### RESUMEN

El aguaymanto (*Physalis peruviana*) y el tomate de árbol (*Solanum betaceum*), poseen componentes bioactivos, que abren la posibilidad de buscar nuevas formas de industrializarlos. El objetivo del estudio fue reportar la caracterización química y sensorial de una nueva bebida alcohólica producida por mezclas de frutos de *Physalis peruviana* y *Solanum betaceum*, mediante una fermentación con *Saccharomyces cerevisiae* (Ale) y *Saccharomyces pastorianus* (Lager). La caracterización fisicoquímica de las bebidas obtenidas fue determinada por parámetros básicos como el grado alcohólico, pH, densidad, sólidos solubles totales, que se analizaron mediante: el "Official Methods of Analysis" de la AOAC. Los carotenoides totales se analizaron según: mg b-caroteno eq/100g; los compuestos fenólicos totales se determinaron bajo el protocolo de Folin Ciocalteus; las características cromáticas ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ) mediante visión computacional y análisis de datos de Python. La caracterización sensorial se estableció con ayuda de 60 panelistas, que evaluaron 8 características (aroma a flores, aroma a frutos secos, aroma a madera, astringencia, cuerpo, olor a flores, olor a frutos secos y olor a madera). Mediante un análisis de componentes principales (ACP) y análisis de clusterización, se mostraron que los fermentados Ale-25AG-75BE y Ale-50AG-50BE, presentaron mayor preferencia con el 60 y 80%, siendo representado por los Clúster 3 y 4. Finalmente, este estudio muestra la factibilidad de utilizar mezclas de aguaymanto y tomate de árbol para producir bebidas alcohólicas fermentadas, que podrían insertarse en el mercado como un nuevo producto.

**Palabras clave:** *S. cerevisiae*; *S. pastorianus*; carotenoides; componentes fenólicos; ACP.

### ABSTRACT

Golden gooseberry (*Physalis peruviana*) and tree tomato (*Solanum betaceum*) have bioactive components, which open up the possibility of finding new ways to industrialize them. The objective of the study was to report the chemical and sensory characterization of a new alcoholic beverage produced by mixtures of *Physalis peruviana* and *Solanum betaceum* fruits, through fermentation with *Saccharomyces cerevisiae* (Ale) and *Saccharomyces pastorianus* (Lager). The physicochemical characterization of the beverages obtained was determined by basic parameters such as alcoholic degree, pH, density, total soluble solids, which were analyzed using: the AOAC "Official Methods of Analysis". Total carotenoids were analyzed according to: mg b-carotene eq/100g; the total phenolic compounds were determined under the Folin Ciocalteus protocol; the color characteristics ( $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$ ) using computer vision and Python data analysis. The sensory characterization was established with the help of 60 panelists, who evaluated 8 characteristics (flower aroma, nut aroma, wood aroma, astringency, body, flower odor, nut odor, and wood odor). Through a principal component analysis (PCA) and clustering analysis, it was shown that the fermented Ale-25AG-75BE and Ale-50AG-50BE, presented greater preference with 60 and 80%, being represented by Clusters 3 and 4. Finally, this study shows the feasibility of using mixtures of goldenberry and tree tomato to produce fermented alcoholic beverages, which could be inserted into the market as a new product.

**Keywords:** *S. cerevisiae*; *S. pastorianus*; carotenoids; phenolic compounds; PCA.

## 1. Introducción

Nuestro país es megadiverso, encontrándose en el puesto 14 a nivel mundial, según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y la Unesco (PROMPERÚ, 2020), el clima variado por nuestra geografía le permiten obtener alimentos ricos y variados. La Tendencia global en el campo de la promoción de la salud y la prevención de enfermedades, nos dirige hacia una alimentación saludable con interés creciente por productos funcionales. Los frutos nativos son los más valorizados dentro de este tipo de alimentos (Hernández et al., 2019).

La revalorización de frutas nativas, casi desconocidas en sus regiones de origen, sería de gran beneficio para la población rural del interior del Perú, que tiene los grupos más importantes de la población más pobre de América Latina. Entre estas frutas nativas existen fuentes importantes de pectinas, vitaminas, materias antioxidantes, aromas, ácidos y sabores que esperan su identificación y posterior explotación por la industria para elaborar productos innovadores y competitivos en el mercado (Repo & Encina, 2008).

La *Physalis peruviana* posee diferentes nombres comunes, dependiendo de la región: awaymanto, aguaymanto, bolsa de amor, capulí, uchuva, cereza del Perú, etc. El fruto es una baya jugosa, carnosa, con numerosas semillas, de sabor agrídulce, de cautivante aroma y llamativo color amarillo dorado en forma de globo con un diámetro entre 1,25 - 2,5 cm (Repo & Encina, 2008). El aguaymanto es un fruto originario de los Andes peruanos y cultivados desde tiempos ancestrales, principalmente en las regiones de Áncash, Cajamarca, Cusco, Huánuco y Junín, y tiene un creciente potencial exportador a mercados como Estados Unidos, Europa y Asia (Andina, 2021). Los componentes bioactivos presentes en este fruto, hacen que éste sea considerado como un alimento funcional natural. Los fitoesteroles se encuentran en altos niveles en los aceites extraídos, dándole propiedades antioxidantes e hipocolesterolemiantes; la presencia de tres fitoesteroles específicos: campesterol,  $\beta$ -sitosterol y estigmasterol serían responsable de niveles más bajos de colesterol en la sangre. Además, la actividad antioxidante asociada a este resultado se debe a los altos niveles de polifenoles y alto contenido en vitaminas A y C. Finalmente, la presencia de fisalinas y withanólidos proporciona propiedades antiinflamatorias, antimicrobianas y anticancerígenas (Puente et al., 2011).

La *Solanum betaceum* es una fruta oriunda de los andes peruanos, que actualmente, se produce en las regiones peruanas de La Libertad, Cajamarca y Chachapoyas; principalmente en los valles interandinos y cejas de selva (Saravia, 2017). El tomate de árbol o conocido también como tamarillo, es originario de la vertiente oriental de los Andes, específicamente Perú, Ecuador y Colombia. Pertenece al grupo de las frutas semiácidas, siendo conocida con diversos nombres en distintas regiones. Es una baya aromática de forma ovoide, punteada en su extremo inferior y con un cáliz cónico, que mide alrededor de 8 cm de largo y 5 cm de diámetro. Los colores de la pulpa varían entre naranja, rojo y amarillo; dicha pulpa es ligeramente firme, suave y jugosa, con un sabor agrídulce. La pulpa cercana a la cáscara es firme, mientras que la pulpa interna es suave y jugosa con un sabor agrídulce. En cuanto a su valor nutricional, contiene un alto cantidad de vitaminas (C, E, B6 y pro-vitamina A), minerales (por ejemplo, potasio, cobre y manganeso) y antioxidantes (Diet et al., 2020). Sus propiedades nutricionales incluyen bajo contenido de grasas y, posteriormente, bajas calorías (117 kJ/100 g), bajo contenido en carbohidratos y alto en proteínas (1,5 - 0,5 g/100 g) (Viera et al., 2022). Varios estudios con el objetivo de evaluar la composición de frutos de tamarillo (p. ej., antocianinas y carotenoides) se han llevado a cabo con el fin de evaluar su capacidad antioxidante: las variedades amarillas y rojas están dentro del mismo rango con un alto actividad antioxidante en comparación con otras frutas, debido principalmente a la gran cantidad de vitamina C (a pesar del bajo contenido fenólico soluble total) contenido (Acosta-Quezada et al., 2015). Con base en las propiedades terapéuticas potenciales de estos tipos de compuestos, el tamarillo es un recurso alimenticio prometedor que merece mayor investigación con el objetivo de su uso en la industria alimentaria como nuevo producto nutracéutico, con propiedades beneficiosas para la salud (p. ej., como quimiopreventivo contra el cáncer y enfermedades relacionadas con la oxidación) (Martín et al., 2021).

En la actualidad se han identificado más de 1500 especies de levadura. Estos son predominantemente microorganismos fúngicos unicelulares capaces de crecer tanto en presencia como en ausencia de oxígeno. De estos, hay básicamente dos cepas principales utilizadas en la elaboración de bebidas alcohólicas: *Saccharomyces cerevisiae* (ale) y *Saccharomyces pastorianus* (lager), un híbrido de *S. cerevisiae* y *Saccharomyces*

*eubayanus* (Libkind et al., 2011). La levadura Ale opera alrededor de la temperatura ambiente (18–22 °C), fermenta rápidamente y produce la característica “afrutada” de la mayoría de las cervezas Ale. La levadura lager funciona a temperaturas más frías (8 – 15 °C), fermenta lentamente y utiliza más azúcares de mosto, dejando un sabor más limpio y crujiente. La región Cajamarca posee una producción de ambas frutas anteriormente mencionadas, principalmente en la provincia de Chota, donde históricamente se ha producido de manera natural, se podría decir como una planta que formaba parte de la maleza en una producción agrícola, lógicamente esto por el desconocimiento que tenían los pobladores, situación que ya ha cambiado, ya que en la actualidad el ministerio de agricultura viene impulsando su producción en diferentes proyectos; determinando entonces el incremento del volumen de producción.

En base a lo anterior y con el objetivo de explorar un nuevo valor adicional, artesanal o agroindustrial a ambos frutos nativos, se realizó el presente trabajo con la finalidad de obtener una bebida fermentada, la cual tuvo como objetivo evaluar el efecto del tipo de levadura (tipo Lager y Ale) y proporción de aguaymanto: tomate de árbol (75/25, 50/50 y 25/75) en bebida fermentada sobre las respuestas fisicoquímicas y atributos sensoriales medidos por los descriptores mediante un análisis de componentes principales (ACP), para establecer una bebida fermentada de calidad.

## 2. Material y métodos

### 2.1. Muestras

Los frutos de aguaymanto se adquirieron directamente de los productores en la ciudad de Chota, departamento de Cajamarca. Fueron utilizados frutos que no presentaron golpes, magulladuras, con un peso promedio de  $5,52 \pm 0,18$  g y un diámetro de  $1,42 \pm 0,22$  cm. La berenjena o tomate de árbol fue adquirida también en el distrito de Chota, provincia de Chota, departamento de Cajamarca. Los frutos utilizados fueron frescos con un peso promedio de  $98,53 \pm 6,12$  g con un diámetro polar  $62,86 \pm 8,19$  cm y diámetro ecuatorial de  $49,26 \pm 9,45$  cm. Ambos productos fueron identificados y clasificados.

### 2.2. Elaboración de la bebida fermentada

La elaboración de la bebida fermentada se realizó según Falcón et al. (2019) y Álvarez et al. (2009), con algunas modificaciones. Este proceso

consistió en: a) Selección de la materia prima; obtención de frutos (aguaymanto y tomate de árbol), con un estado de madurez fisiológico óptimo y libres de daño físico. b) Pesado; se realizó con la el objetivo de establecer las relaciones óptimas para la estandarización de los tratamientos. c) La desinfección de frutos se realizó con hipoclorito de sodio (5 ppm). d) Descascarado y lavado, este proceso se realizó para eliminar la cáscara de los frutos y restos extraños a la materia prima. e) Licuado: Se procedió a la elaboración de la bebida empleando agua tratada embotellada y homogeneizando las materias primas en una licuadora. f) Filtración, se realizó con lienzo de poro mediano para separar la pulpa de las semillas obteniendo así la cantidad de pulpa requerida. g) Pasterización y estandarización: El jugo pasó primero por un proceso de pasteurizado a 85 – 90 °C por 5 minutos. Después de enfriar se agregó la cantidad requerida sacarosa para aumentar los °Brix del jugo, debido al principio de que estas frutas ácidas son de bajo dulzor, el jugo fue enriquecido con sacarosa, en cantidades determinadas sobre la base del peso del mosto, corrigiendo hasta alcanzar valores cercanos al de 22 °Brix, además de ajustar el pH a 4,6 añadiéndole ácido cítrico, obteniendo así el mosto listo para ser fermentado (Maragatham & Panneerselvam, 2011). h) Fermentación; El mosto o jugo se almacenó en garrafones de vidrio de 20 litros, con tapa que permitió el escape del CO<sub>2</sub>, adicionándole metabisulfito de potasio (K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), sustancias usadas normalmente para evitar oxidaciones y crecimiento de microorganismos en estos productos. Posterior a ello, se inoculó con dos tipos de levaduras como *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces pasteurianus*, (relación de 1:10). El proceso de fermentación se dio de 8 a 10 días (a una temperatura de 20 a 25 °C) dejándose reposar por 5 días más, permitiendo precipitar los sólidos suspendidos, para facilitar el primer trasiego del mosto fermentado, el cual se realizó con una manguera esterilizada a los 15 días de terminado el proceso fermentativo y posteriormente a los 45 días después del primer trasiego, se realizó un segundo trasiego, manteniendo el líquido previamente almacenado a temperatura de 8 °C, estando la bebida fermentada listo para ser embotellado. i) Embotellado: La bebida fue envasada asépticamente en frascos de vidrio estériles de 300 mL de capacidad. El producto se almacenó a 6 °C para realizar la caracterización fisicoquímica y sensorial correspondiente.

### 2.3. Análisis fisicoquímicos

A las bebidas fermentadas se le analizaron los siguientes métodos para determinar algunas características fisicoquímicas. Para el grado alcohólico se utilizó el "Official Methods of Analysis 920.57: Volume from Specific Gravity of wine: Quantitative Chemistry. American Society of Enologists-AOAC". El pH se determine por el "Official Methods of Anaysis: pH of wine: Quantitative Chemistry. American Society of Enologists-AOAC". Los sólidos solubles totales fueron determinados por: "Official Methods of Analysis: Solids (soluble) in fruits and fruits products Method 932.12: Quantitative Chemistry. American Society of Enologists-AOAC". La densidad relativa a 20 °C, relacionan entre la masa volúmica de un vino y la del agua a la temperatura de 20 °C. Los carotenoides totales de las bebidas se analizaron según: carotenoides (mg b-caroteno eq/100g): Método adaptado (Obregón et al., 2021). Los compuestos fenólicos totales se determinaron bajo el protocolo de Folin Ciocalteus (Ordoñez-Gómez et al., 2018). Las características cromáticas de un vino o mosto a la claridad: L\*, el verde/rojo: a\*, el azul/amarillo; b\*, mediante visión computacional y análisis de datos de Python.

### 2.4. Análisis sensorial

Sesenta panelistas evaluaron de las bebidas fermentadas, 8 características (aroma a flores, aroma a frutos secos, aroma a madera, astringencia, cuerpo, olor a flores, olor a frutos secos y olor a madera). Estas características fueron estudiadas a través de una escala estructurada de 10 puntos, modificación de Silva & Olivares (2021).

### 2.5. Análisis estadístico

Para evaluar efecto del tipo de levadura (tipo Lager y Ale) y proporción de aguaymanto: tomate de árbol (75/25, 50/50 y 25/75) en bebida fermentada sobre las respuestas: carotenoides, compuestos fenólicos, grado alcohólico, color, pH y °Brix, se desarrolló un diseño de bloques completamente aleatorizado (Tabla 1). Para el procesamiento de los datos el método estadístico en primera instancia evaluó la relación entre los atributos sensoriales medidos por los descriptores, además de características fisicoquímicas con cada uno de los fermentados, mediante un análisis de componentes principales (ACP), posteriormente se realizó un análisis de clusterización por agrupamiento jerárquico mediante la distancia Euclidiana y método de

aglomeración de Ward, con la finalidad de definir los grupos o clúster de consumidores; seguidamente se evaluó la relación entre consumidores, descriptores y características fisicoquímicas y su asociación con cada uno de los fermentados, para ello se evaluó que modelo representaba a cada uno de los clústeres y su significancia ( $p < 0,05$ ) y finalmente se construyó un mapeo externo de preferencias. La analítica de datos fue desarrollada con el software XLSTAT versión 2021.

**Tabla 1**

Tratamientos en bebida fermentada de aguaymanto y tomate de árbol

Factor 1	Factor 2	Trat.	Cod.	
Levadura Lager	P1	75/25	A	631
	P2	50/50	B	369
	P3	25/75	C	584
Levadura Ale	P1	75/25	D	941
	P2	50/50	E	667
	P3	25/75	F	509

## 3. Resultados y discusión

### 3.1. Cuantificación fisicoquímica de las bebidas fermentadas

En la tabla 2, observamos que, en cuanto al grado alcohólico, no hay diferencia significativa entre los tratamientos, observándose un rango de  $12,91 \pm 0,07$  a  $13,46 \pm 0,05\%$ . Estos resultados son semejantes a los reportados por Joshi et al. (2013a), para bebida alcohólica de jugo de manzana, para cuatro variedades de *Saccharomyces*, para cuales se encontraron rangos de 10,84% a 11,63%. Lo que se puede observar también es la relación de sólidos totales y el grado alcohólico en

los 6 tratamientos, independientemente del tipo de levadura, es decir a mayor cantidad de sólidos solubles totales ( $9,50 \pm 0,50$ ), menor fue el porcentaje de grado alcohólico ( $12,91 \pm 0,07$ ). Joshi et al. (2013b) también encontraron una relación inversa en cuanto los sólidos solubles totales y el porcentaje de etanol, para bebidas fermentadas de jugo de manzana, es decir para 7,11 °Brix, se obtuvo el menor porcentaje de etanol (10,84). El pH va de un rango de  $3,91 \pm 0,38$  hasta  $4,32 \pm 0,09$ , no encontrándose diferencias significativas. Estudios realizados por Miljic & Puskas (2014), para vino de ciruela, se encontró un contenido máximo de etanol (6,23%) se obtuvo durante la fermentación a 25 °C y pH 3,6. El contenido de etanol se vio afectado positivamente por la temperatura de fermentación, el tiempo y el pH.

La densidad de las muestras fermentadas va desde un rango de  $0,906 \pm 0,03$  a  $0,937 \pm 0,01$  g/mL. Para bebidas alcohólicas de frutos ácidos como manzana (1,005), naranja (0,9804-1,022) y mandarina (1,008), se observaron densidades cercanas a los obtenidos (Deunas et al., 1994; Kelebek et al., 2014; Sevindik et al., 2022). De esta manera se observa como la acidez del mosto, influye directamente en la densidad de la bebida alcohólica, tal como se obtuvo en el trabajo experimental, donde bebidas con mayor densidad se presentaron para ambos tipos de fermentados, donde el aguaymanto presentaba un 75% y la berenjena un 25%.

Para los carotenoides totales, se observa claramente que, en ambos tipos de fermentados, hay una relación directamente proporcional a la cantidad de aguaymanto presente en la mezcla, es decir  $1,218 \pm 0,04$  mg  $\beta$ -caroteno eq/100 g b.s., para el fermentado Ale y  $1,650 \pm 0,39$  mg  $\beta$ -caroteno eq/100 g b.s., para el fermentado Lager. Acosta-Quezada et al. (2015) estudiaron 23 variedades de *Solanum betaceum*, obteniéndose rangos de 2,60 mg/100 g a 11,20 mg/100 g en carotenoides. Malaga et al. (2013), determinaron las características de componentes bioactivos de pure de aguaymanto, tal como los carotenoides, con valores de  $15,93 \pm 2,31$  mg/100 g b.s. En las bebidas fermentadas, se establece que el mayor contenido de carotenoides en las bebidas alcohólicas lo otorga, el aguaymanto, debido a que como jugo contiene hasta 7 veces la cantidad que tiene el jugo de tomate de árbol. En los compuestos fenólicos totales, también se observa claramente que, en ambos tipos de fermentados, a mayor porcentaje de aguaymanto mayor cantidad de compuestos fenólicos totales, es decir  $5,32 \pm 0,09$  mg AGE/ 100 b.s., para el fermentado Ale y  $5,16 \pm 0,05$  mg AGE/ 100 b.s., para el

fermentado Lager. Acosta-Quezada et al. (2014) estudiaron 23 variedades de *Solanum betaceum*, obteniéndose rangos de 2,82 g/100 g a 6,18 g/100 g en componentes fenólicos totales. Malaga et al. (2013) determinaron las características de componentes bioactivos de pure de aguaymanto, tal como los componentes fenólicos totales, con valores de  $317,28 \pm 10,63$  g/100. Claramente el mayor contenido de fenoles totales, está determinado nuevamente por la mayor cantidad de aguaymanto en la mezcla.

Esparza, Santamaría, Calvo & Fernández (2009) demostraron que  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  están relacionados con la composición polifenólica del vino tinto y pueden ser considerados como indicadores de calidad.

Los parámetros de color de las bebidas alcohólicas de AG-BE indicaron que las muestras presentaron índices  $L^*$  medianamente altos, siendo por lo tanto claras y de bajos valores de  $a^*$  y  $b^*$  (Tabla 1). En el sistema CIELAB empleado,  $L^*$  representa luminosidad (negro = 0 y blanco = 100);  $a^*$  representa una coordenada que varía de del color verde (-a) a rojo (+a) y la coordenada  $b^*$  varía de azul (-b) a amarillo (+b). Para el valor de  $L^*$ , el tratamiento 1 y 4, presentaron mayor luminosidad ( $74,79 \pm 0,80$  y  $77,22 \pm 2,16$  respectivamente). Para el valor de  $a^*$ , los tratamientos 1 y 4 presentaron los mayores valores ( $-1,16 \pm 0,44$  y  $-0,63 \pm 0,43$ , respectivamente). Para la coordenada  $b^*$ , los menores valores observados fueron en los tratamientos 1 y 4 ( $2,62 \pm 0,37$  y  $0,99 \pm 0,28$ , respectivamente). La variación del color en las bebidas alcohólicas depende de diversos factores tales como tipo de variedad, pH, técnicas de fermentación, componentes fenólicos y antocianinas (Diep et al., 2020; Hurtado et al., 2009; Boeira et al., 2020; Santos et al., 2021).

**Tabla 2**  
Cuantificación fisicoquímica de las bebidas fermentadas

Análisis	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	SafALE™ BE - 256 ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> )			SafLAYER™ S - 189 ( <i>Saccharomyces pastorianus</i> )		
	25% AG -75% BE (AL-25AG-75BE)	50% AG-50% BE (AL-50AG-50BE)	75% AG-25%BE (AL-75AG-25BE)	25% AG-75% BE (AL-25AG-75BE)	50% AG-50% BE (AL-50AG-50BE)	75% AG-25% BE (AL-75AG-25BE)
Grado alcohólico (%)	$12,91 \pm 0,07$	$13,36 \pm 0,14$	$13,42 \pm 0,10$	$12,91 \pm 0,07$	$13,46 \pm 0,05$	$13,44 \pm 0,07$
pH	$4,13 \pm 0,16$	$4,03 \pm 0,13$	$4,32 \pm 0,09$	$4,05 \pm 0,09$	$4,09 \pm 0,04$	$3,91 \pm 0,38$
Sólidos solubles totales (%)	$9,50 \pm 0,50$	$7,67 \pm 0,29$	$8,67 \pm 0,29$	$9,33 \pm 0,29$	$7,33 \pm 0,29$	$8,17 \pm 0,29$
Densidad (g/mL)	$0,918 \pm 0,02$	$0,906 \pm 0,03$	$0,930 \pm 0,01$	$0,925 \pm 0,01$	$0,936 \pm 0,00$	$0,937 \pm 0,01$
Carotenoides totales <sup>a</sup>	$0,377 \pm 0,03$	$0,803 \pm 0,01$	$1,218 \pm 0,04$	$0,386 \pm 0,02$	$0,793 \pm 0,02$	$1,650 \pm 0,39$
Compuestos fenólicos totales <sup>b</sup>	$1,79 \pm 0,01$	$3,56 \pm 0,06$	$5,32 \pm 0,09$	$1,82 \pm 0,07$	$3,52 \pm 0,16$	$5,16 \pm 0,05$
$L^*$	$74,79 \pm 0,80$	$74,39 \pm 0,85$	$72,98 \pm 0,64$	$77,22 \pm 2,16$	$72,49 \pm 0,67$	$74,29 \pm 0,73$
$a^*$	$-1,16 \pm 0,44$	$-1,32 \pm 0,21$	$-2,43 \pm 0,66$	$-0,63 \pm 0,43$	$-2,35 \pm 0,47$	$-1,04 \pm 0,50$
$b^*$	$2,62 \pm 0,37$	$2,61 \pm 0,40$	$7,01 \pm 0,40$	$0,99 \pm 0,28$	$8,43 \pm 0,73$	$3,02 \pm 0,64$

<sup>a</sup> Carotenoides totales (mg  $\beta$ -caroteno eq/100 g b.s.)

<sup>b</sup> Compuestos fenólicos totales (mg AGE /100 g b.s.)

### 3.1. Análisis de componentes principales

En la Figura 1 se presenta el análisis de componentes principales (ACP) que explica en sus 2 primeras componentes el 81,89% de la variabilidad total (C1 = 58,67% y C2 = 23,31%), se observa que el fermentado Layer-25AG-75BE se caracteriza por tener mayor brillantez (L\*), olor y aroma a frutos secos, además de °Brix; con referencia al fermentado Ale-25AG-75-BE que se caracteriza por tener olor y aroma a madera; para los fermentados Ale-75AG-25-BE y Layer-75AG-25BE hay mayor caracterización por aroma y olor a flores, además de contenido de carotenoides y compuestos fenólicos; y en referencia a los fermentados Ale-50AG-50-BE y Layer-50AG-50BE, hay representatividad en contenido alcohólico y astringencia.

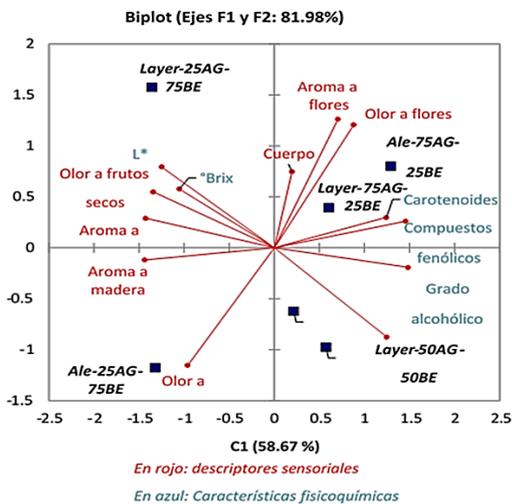


Figura 1. Análisis de componentes principales para evaluar la relación entre descriptores, criterios fisicoquímicos y productos.

Las cervezas de fermentación alto o Ale son elaboradas a partir de cepas de la especie *Saccharomyces cerevisiae*, en un proceso que ocurre habitualmente entre los 18 y 24 °C, y se suelen caracterizar por una complejidad de aromas y sabores frutales, florales o especiados. Por otro lado, las cervezas de fermentación baja o Lager se producen utilizando la especie híbrida *Saccharomyces pastorianus* a temperaturas bajas, entre 5 y 15 °C, y resultan sensorialmente más neutras (Krogerus et al., 2017; Villacreces et al., 2022). La concentración de metabolitos secundarios producidos en la fermentación, determinan principalmente, el balance de aroma y flavor de la cerveza (Cubillos et al., 2019; Olaniran et al., 2017). Estos metabolitos secundarios, van desde el catabolismo de los componentes del mosto (azúcares, compuestos nitrogenados y compuestos azufrados) hasta la síntesis de los componentes necesarios para el crecimiento de la levadura (lípidos, aminoácidos, ácidos nucleicos, proteínas), y corresponden a carbonilos (aldehídos y cetonas), alcoholes superiores (fusel), ésteres, dicetonas vecinales (diacetilo y pentanodiona), ácidos grasos, ácidos orgánicos, compuestos azufrados y compuestos fenólicos (Olaniran et al., 2017; Stewart et al., 2017).

### 3.3. Análisis de clusterización de consumidores

Con referencia a los consumidores (Figura 2) se determinó 4 clúster, por disimilitud mediante la distancia Euclidiana y método de aglomeración de Ward. El Clúster 1 representa el 46,67% de los consumidores, Clúster 2 el 26,67%, Clúster 3 el 16,67% y Clúster 4 el 10,00%.

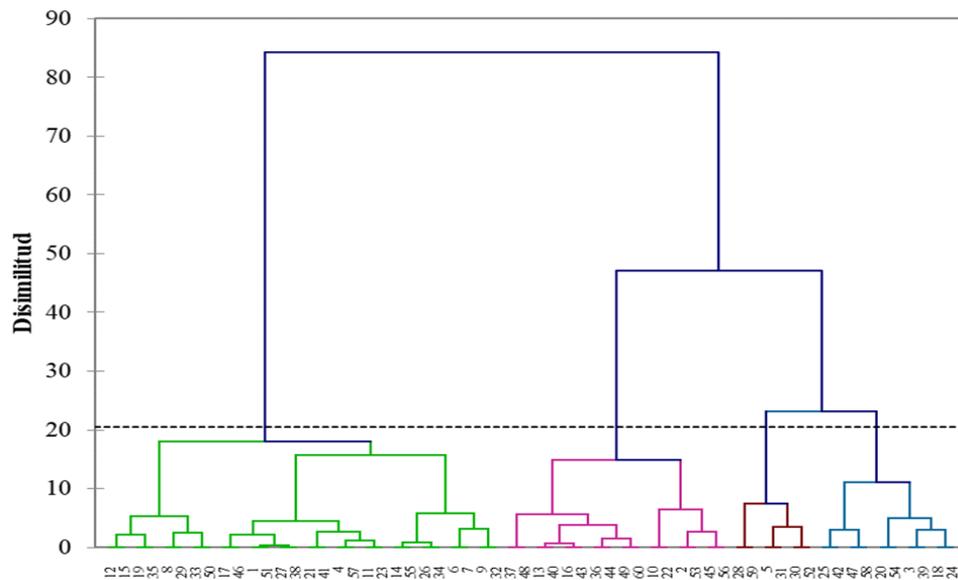


Figura 2. Análisis de clusterización de consumidores.

El Clúster 1 se caracteriza por tener mayor preferencia por el fermentado Layer-25AG-75BE y menor por Layer-50AG-50BE, el Clúster 2 mayor preferencia por el fermentado Ale-75AG-25BE y menor por Ale-75AG-25BE, los Clúster 3 y 4 mayor preferencia por el fermentado Ale-25AG-75BE (representando este producto el de mayor preferencia por parte de los consumidores con el 75%) y menor el fermentado Ale-75AG-25BE (Tabla 3).

### 3.4. Mapeo externo de preferencias

En el mapeo de preferencia (Figura 3), se observa que los fermentados Ale-25AG-75BE y Ale-50AG-50BE, presentaron mayor preferencia con el 60 y 80%, siendo representado para los Clúster 3 y 4, estos fermentados se caracterizan por presentar aromas y olores a madera y bajo contenido alcohólico.

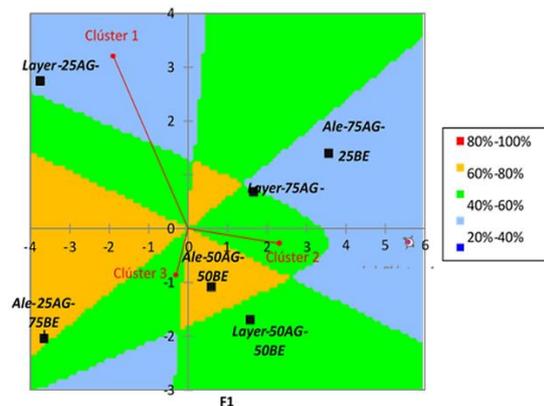


Figura 3. Mapeo externo de preferencias.

El Clúster 1 es de representación del fermentado Layer-25AG-75BE con aceptación entre el 20 y 40%, este producto se caracteriza por tener aroma y olor a flores con toques de frutos secos, mayor claridad (L\*) y grados brix; el Clúster 2 tiene preferencia por Ale-75AG-25BE que representa entre el 20% y 40% de la aceptación, este fermentado se caracteriza por tener astringencia y grado alcohólico, además de mayor contenido de compuestos fenólicos y carotenoides.

Tabla 3

Objetos ordenados en función a la preferencia

Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4
Layer-50AG-50BE	Layer-25AG-75BE	Ale-75AG-25BE	Ale-75AG-25BE
Ale-50AG-50BE	Ale-25AG-75BE	Laye-25AG-75BE	Laye-25AG-75BE
Ale-75AG-25BE	Ale-50AG-50BE	Layer-75AG-25BE	Layer-50AG-50BE
Laye-75AG-25BE	Laye-75AG-25BE	Ale-50AG-50BE	Laye-75AG-25BE
Ale-25AG-75BE	Laye-50AG-50BE	Laye-50AG-50BE	Ale-50AG-50BE
Layer-25AG-75BE	Ale-75AG-25BE	Ale-25AG-75BE	Ale-25AG-75BE

Cabe indicar que el Clúster 4 presenta un modelo elíptico del tipo silla de montar, esto quiere decir que es el clúster que puede cambiar rápidamente la preferencia del producto, como por ejemplo a Ale-50AG-50BE y Layer-75AG-25BE.

Wang, Sun & Chang (2015) demostraron que diferentes tipos de suelo influyeron en azúcares reductores, color, acidez titulable, taninos, antocianos y componentes fenólicos contenidos en las uvas que afectó significativamente la composición del vino y características sensoriales. Hasta el momento ya es conocido que los alcoholes superiores son productos del metabolismo secundario de la levadura, se producen en altas concentraciones en relación con otros compuestos volátiles y son de gran interés por su impacto en el aroma y sabor de la cerveza (Loviso & Libkind, 2019). En la cerveza se pueden encontrar alrededor de 40 alcoholes superiores diferentes; las sustancias que más afectan el sabor de la cerveza son el propanol, el isobutanol, el feniletanol, el alcohol amílico y el alcohol isoamílico. Este último es el que se encuentra en mayor proporción y el que más afecta la tomabilidad de la cerveza, ya que en altas concentraciones le confiere un fuerte sabor a solvente (Romero-Rodríguez et al., 2022). Elevadas concentraciones de alcoholes superiores (>300 mg/l) en cerveza forman un flavor fuerte (a solvente) y pungente, lo que origina una sensación de calentamiento en la boca, mientras que concentraciones adecuadas pueden aumentar, en ciertos estilos, la complejidad de bebidas fermentadas intensificando la percepción alcohólica (Hirst & Richter, 2016; Postigo et al., 2022). Igualmente, la relación entre la concentración de alcoholes superiores y otros componentes volátiles es de gran importancia (Pires et al., 2014). En cervezas Lager, es deseable una relación 4:1 o 3:1 de alcoholes vs. ésteres. Un aumento en esta relación, provocada por un incremento de alcoholes superiores, da como resultado cervezas más secas y con aromas de menos carácter (Burini et al., 2021).

#### 4. Conclusiones

La elaboración de bebidas alcohólicas es una alternativa factible para sumar valor a los frutos nativos de aguaymanto y tomate de árbol, hasta la fecha poco explorados económicamente. Las características químicas (pH, densidad, grado alcohólico y °Brix) encontradas, cumplen los parámetros de la norma técnica sanitaria N° 177-MINSA/DIGESA 2021, para la elaboración de bebidas alcohólicas vitivinícolas y sus derivados. La cuantificación de los carotenoides presentes en las muestras reveló que hay una relación directamente proporcional a la mayor cantidad de aguaymanto (75AG-25BE), de  $1,218 \pm 0,04$  mg  $\beta$ -caroteno eq/100 g b.s, para el fermentado Ale y  $1,650 \pm 0,39$  mg  $\beta$ -caroteno eq/100 g b.s, para el fermentado Lager. De igual medida para las bebidas fermentadas, en los compuestos fenólicos totales, también se observan claramente que, en ambos tipos de fermentados, a mayor porcentaje de aguaymanto (75AG-25BE) mayor cantidad de compuestos fenólicos totales, es decir  $5,32 \pm 0,09$  mg AGE/ 100 b.s, para el fermentado Ale y  $5,16 \pm 0,05$  mg AGE/ 100 b.s, para el fermentado. Mediante un análisis de componentes principales (ACP) y análisis de clusterización, se mostraron que los fermentados Ale-25AG-75BE y Ale-50AG-50BE, presentaron mayor preferencia con el 60% y 80%, siendo representado por los Clúster 3 y 4, estos fermentados se caracterizaron por presentar aromas y olores a madera y bajo contenido alcohólico. El Clúster 1 fue de representación del fermentado Layer-25AG-75BE con aceptación entre el 20 y 40%, este producto se caracterizó por tener aroma y olor a flores con toques de frutos secos, mayor claridad ( $L^*$ ) y grados brix. El Clúster 2 tuvo preferencia por Ale-75AG-25BE que representó entre el 20% y 40% de la aceptación, este fermentado se caracterizó por tener astringencia y grado alcohólico, además de mayor contenido de compuestos fenólicos y carotenoides. Cabe resaltar que el tipo de levadura y la cantidad de componentes bioactivos obtenidos como productos de fermentación influenciaron en el flavor, aroma y sabor de las bebidas alcohólicas fermentadas, esto se vio reflejado en la mayor o menor preferencia de una u otra bebida. Por lo detallado anteriormente este estudio muestra la factibilidad de utilizar mezclas de aguaymanto y tomate de árbol para producir bebidas alcohólicas fermentadas, que podrían insertarse en el mercado como un nuevo producto.

#### Referencias bibliográficas

- Acosta-Quezada, P. G., Raigón, M. D., Riofrío-Cuenca, T., García-Martínez, M. D., Plazas, M., Burneo, J. I., Figueroa, J. G., Vilanova, S., & Prohens, J. (2014). Diversity for chemical composition in a collection of different varietal types of tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.), an Andean exotic fruit. *Food Chemistry*, 169, 327-335.
- Agencia de Noticia Andina (2021). Superalimento: Aguaymanto, el berrie dorado del Perú. Disponible en: <https://andina.pe/agencia/video-superalimento-aguaymanto-berrie-dorado-del-peru%CC%81-53931.aspx>
- ARANA, O. (2017). Exportación de mermelada de tomate de árbol hacia el mercado de New York – Estados Unidos. Optar el título profesional de Licenciada en Administración de Negocios Internacionales. Lima, p. 126.
- Based on Deunas, M., Irastorza, A., Fernandez, A. B. & Huerta, A. (1994). Microbial populations and malolactic fermentation of apple cider using traditional and modified methods. *Journal of Food Science*, 59(5), 1060.
- Boeiraa, L., Bastos, P., Uchóaa, N., Bezerra, J., Cáda, S., Duvoisin, S., Albuquerque, P., Marb,J., Ramos, A., Machado, M. & Maciela, L. (2020). Chemical and sensorial characterization of a novel alcoholic beverage produced with native acai (*Euterpe precatoria*) from different regions of the Amazonas state. *LWT - Food Science and Technology*, 117, 108632
- Burini, J.A., Eizaguirre, J.I. & Loviso, C. (2021). Levaduras no convencionales como herramientas de innovación y diferenciación en la producción de cerveza, Revista Argentina de Microbiología, <https://doi.org/10.1016/j.ram.2021.01.003>
- Cubillos, FA., Gibson, B., Grijalva-Vallejos, N., Krogerus, K. & Nikulin, J. (2019). Bioprospecting for brewers: exploiting natural diversity for naturally diverse beers. *Yeast*, 36(3), 83-98.
- Diep, T., Pook, C., Rush, E. & Yoo, M. (2020). Quantification of carotenoids, atocopherol, and ascorbic acid in amber, mulligan, and laird's large cultivars of New Zealand Tamarillos (*Solanum betaceum* Cav.). *Foods*, 9, 769.
- Diep, T. T., Pook, C., Yoo, M. J. Y. (2020). Physicochemical properties and proximate composition of tamarillo (*Solanum betaceum* Cav.) fruits from New Zealand. *Journal of Food Composition and Analysis*, 92, 103563.
- Falcón, P., Rosales, E. & Toscano, A. (2019). Efecto del tiempo de la maceración prefermentativa sobre la capacidad antioxidante, carotenos, vitamina c de una bebida fermentada de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) al estado maduro. *Aporte Santiaguino*, 12(2), 186 – 199.
- Hernández, E., Vergara, J., Carlos, N., Inostroza, L., García, M., Villafuerte, U., Córdova, J., Birne, R., Alencastre, A., Peña, M., Tupiño, L. (2019). Diseño y elaboración de bebida de Aguaymanto (*Physalis peruviana*) enriquecida con kiwicha. *Ciencia e Investigación*, 22(1):35-40.
- Hirst, M. B., & Richter, C. L. (2016). Review of aroma formation through metabolic pathways of *Saccharomyces cerevisiae* in beverage fermentations. *Am J Enol Vitic*, 4(3), 61-70.
- Hurtado, N., Morales, A., González-Miré, L., Escudero-Gilete, M. & Heredia, F. (2009). Colour, pH stability and antioxidant activity of anthocyanin rutinosides isolated from tamarillo fruit (*Solanum betaceum* Cav.). *Food Chemistry*, 117, 88–93.
- Joshi, V. K., John, S. & Abrol, G. S. (2013a). Effect of addition of herbal extract and maturation on apple wine. *International Journal of Food and Fermentation Technology*, 3(2), 103–113.
- Joshi, V. K., Sandhu, D. K. & Kumar, V. (2013b). Influence of addition of insoluble solids, different yeast strains and pectinesterase enzyme on the quality of apple wine. *Journal of the Institute of Brewing*, 119, 191–197.
- Kelebek, H. & Selli, S. (2014). Identification of phenolic compositions and the antioxidant capacity of mandarin juices and wines. *Journal of Food Science and Technology*, 51(6), 1094–1101.
- Krogerus, K., Seppänen-Laakso, T., Castillo, S. & Gibson, B. (2017). Inheritance of brewing relevant phenotypes in constructed *Saccharomyces cerevisiae* × *Saccharomyces eubayanus* hybrids. *Microb Cell Fact*, 16, 66.
- Libkind, D., Hittinger, C. T., Valério, E., Gonçalves, C., Dover, J. & Johnston, M. (2011). Microbe domestication and the identification of the wild genetic stock of lager brewing yeast.

- Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(35), 39–44.
- Loviso, C. L., & Libkind, D. (2019). Síntesis y regulación de los compuestos del aroma y sabor derivados de la levadura en la cerveza: alcoholes superiores. *Rev Argent Microbiol*, 51(4), 386–397.
- Málaga, B., Guevara, A., Araujo, M. (2013). Efecto del procesamiento de puré de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), sobre los compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante. *Rev Soc Quim Perú*, 79(2), 162-174.
- Maragatham, C., & Panneerselvam, A. (2011). Isolation, identification and characterization of wine yeast from rotten papaya fruits for wine production. *Pelagia Research Library Advances in Applied Science Research*, 2(2): 93-98.
- Martin, D., Lopes, T., Correia, S., Canhoto, J., Paula, M., Marques, & Batista de Carvalho, L. (2021). Nutraceutical properties of tamarillo fruits: A vibrational study. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 252, 119501
- Meregildo, R., & Olivares, S. (2021). Obtención de una bebida alcohólica a partir de aguaymanto (*Physalis peruviana*) proveniente de Amazonas-Perú. *Revista de Investigación Científica*, 2(3), 73-80.
- Miljic, U. D., & Puskas, S. V. (2014). Influence of fermentation conditions on production of plum (*Prunus domestica* L.) wine: a response surface methodology approach. *Hemijaska Industrija*, 68, 199–206.
- Obregón, A., Talledo, G. & Rodríguez, & Pinedo, R. (2021). Frutos nativos de Perú como fuente potencial de nutrientes, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en el requerimiento nutricional de grupos vulnerables. *Rev. Fac. Agron.*, 38, 421-440.
- Ordoñez-Gómez, E., Reátegui-Díaz, D. & Villanueva-Tiburcio, J. (2018). Polifenoles totales y capacidad antioxidante en cáscara y hojas de doce cítricos. *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 113-121.
- Pires, E., Teixeira, J., Brányik, T. & Vicente, A. (2014). Yeast: The soul of beer's aroma - A review of flavour-active esters and higher alcohols produced by the brewing yeast. *Appl Microbiol Biotechnol*, 98(5), 37-49.
- Postigo, V., Schuurman, T. E., & Arroyo, T. (2022). Non-Conventional Yeast: Behavior under Pure Culture, Sequential and Aeration Conditions in Beer Fermentation. *Foods*, 11(22), 3717.
- PROMPERU (2020). Perú entre los países con mayor biodiversidad del planeta. <https://peru.info/es-pe/turismo/noticias/3/18/peru-entre-los-paises-con-mayor-biodiversidad-del-planeta>
- Puente, L., Pinto-Muñoz, C., Castro, E., Cortés, M. (2011). *Physalis peruviana* Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit: A review. *Food Research International*, 44(7), 1733–1740.
- Roger Álvarez, R., Manzano, J., Materano, W. & Valera, A. (2009). Caracterización química y sensorial del vino artesanal de tomate de árbol (*Cyphomandra betaceae* (Cav.) Sendth). *Revista UDO Agrícola*, 9(2), 436-441.
- Romero-Rodríguez, R., Durán-Guerrero, E., Castro, R., Díaz, A. B., & Lasanta, C. (2022). Evaluation of the influence of the microorganisms involved in the production of beers on their sensory characteristics. *Food and Bioproducts Processing*, 135, 33-47
- Sannino, C., Mezzasoma, A., Buzzini, P., & Turchetti B. (2019). Non-conventional Yeasts: from Basic Research to Application. Switzerland AG: Springer Nature, p.361.
- Santos, R., Biasoto, A., Rybka, A., Castro, C., Aidar, S., Borges, G. & Silva, F. (2021). Physicochemical characterization, bioactive compounds, in vitro antioxidant activity, sensory profile and consumer acceptability of fermented alcoholic beverage obtained from Caatinga passion fruit (*Passiflora cincinnata* Mast.). *LWT - Food Science and Technology*, 148, 111714
- Viera, W., Samaniego, I., Camacho, D., Habibi, N., Ron, L., Sediqi, N., ... & Brito, B. (2022). Phytochemical Characterization of a Tree Tomato (*Solanum Betaceum* Cav.) Breeding Population Grown in the Inter-Andean Valley of Ecuador. *Plants*, 11(3), 268.
- Sevindik, O., Guclu, G., Agirman, B., Selli, S., ... & Kelebek, H. (2022). Impacts of selected lactic acid bacteria strains on the aroma and bioactive compositions of fermented gilaburu (*Viburnum opulus*) juices. *Food Chemistry*, 378, 132079.
- Stewart, GG. (2017). Flavour Production by Yeast. En: Stewart GG, edi-tor. *Brewing and Distilling Yeasts*. Switzerland AG. Springer International Publishing; 325, 57-92.
- Villacreces, S., Blanco, C. A., & Caballero, I. (2022). Developments and characteristics of craft beer production processes. *Food bioscience*, 45, 101495.
- Wang, R., Sun, Q., & Chang, Q. (2015). Soil types effect on grape and wine composition in helan mountain area of ningxia. *PLoS One*, 10(2), e0116690.

