Efecto de la variedad de pitahaya (*Hylocereus costaricensis y Hylocereus megalanthus*) y la concentración de pulpa sobre la calidad fisicoquímica del néctar

Effect of pitahaya variety (Hylocereus costaricensis and Hylocereus megalanthus) and pulp concentration on the physicochemical quality of the nectar

https://doi.org/10.5281/zenodo.23821491

AUTORES: Jhoan Alfredo Plua Montiel[1]*

Brigitte Daiana Andrade Dorado[2]

Jefferson Javier Solórzano Cedeño[3]

Nidia Thays Bustamante De La Cruz [4]

Luis Humberto Vazques Cortez[5]

Adrián Rafael Delgado Coello[6]

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA: jpluam@uteq.edu.ec

Fecha de recepción: 22 / 03 / 2026

Fecha de aceptación: 12 / 06 / 2026

RESUMEN

[1]* Facultad de Ciencias de la Industria y Producción, Carrera de Agroindustria, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador, jpluam@uteq.edu.ec , https://orcid.org/0009-0006-3297-0564
[2] Autor Independiente, bandraded@uteq.edu.ec , https://orcid.org/0009-0004-7144-1572
[3] Autor Independiente, jsolorzanoc10@uteq.edu.ec , https://orcid.org/0009-0002-8990-5801
[4] Autor Independiente, nbustamanted@uteq.edu.ec , https://orcid.org/0009-0001-8536-1993
[5] Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias., lvazquezc@utb.edu.ec , https://orcid.org/0000-0003-1850-0217
[6] Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias., adelgado@utb.edu.ec , https://orcid.org/0009-0008-4062-1545

La variedad de pitahaya y la proporción de pulpa empleada en la elaboración de néctares constituyen factores que pueden modificar sus propiedades fisicoquímicas y condicionar su calidad tecnológica. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del tipo de pitahaya y la relación pulpa sobre las características fisicoquímicas del néctar. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 × 2, considerando dos tipos de pitahaya (amarilla y roja) y dos relaciones pulpa (1:3 y 1:4), con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Se determinaron el pH, la acidez titulable y los sólidos solubles (°Brix). Los resultados se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0,05$), complementados con análisis de conglomerados jerárquicos y análisis de componentes principales (ACP). La pitahaya amarilla presentó valores de pH entre 5,17 y 5,18, acidez titulable entre 0,70 y 0,73 y sólidos solubles entre 11,87 y 12,67 °Brix; mientras que la pitahaya roja registró valores de pH entre 4,70 y 4,74, acidez titulable entre 0,90 y 1,28 y sólidos solubles entre 12,07 y 12,27 °Brix. La comparación de medias mostró diferencias significativas entre tratamientos para el pH y la acidez titulable, sin diferencias significativas en los sólidos solubles. El análisis de conglomerados evidenció mayor similitud fisicoquímica entre los tratamientos de pitahaya roja, mientras que el ACP permitió diferenciar el comportamiento del pH y la acidez respecto al contenido de sólidos solubles. Se concluye que el tipo de pitahaya y la relación pulpa se asociaron con variaciones en el perfil fisicoquímico del néctar. La formulación de pitahaya amarilla con relación 1:4 presentó el mayor contenido numérico de sólidos solubles (12,67 °Brix), aunque sin superioridad estadística respecto a los demás tratamientos. Se recomienda optimizar las condiciones de acidificación y complementar la caracterización fisicoquímica con evaluaciones microbiológicas, sensoriales y de estabilidad, a fin de establecer formulaciones tecnológicamente adecuadas para su procesamiento agroindustrial.

Palabras clave: *Pitahaya, Néctar, Calidad Fisicoquímica, Sólidos Solubles, Acidez, pH*

ABSTRACT

Pitahaya variety and the pulp proportion used in nectar production are factors that may influence physicochemical properties and determine technological quality. This study aimed to evaluate the effects of pitahaya type and pulp-to-water ratio on the physicochemical

characteristics of nectar. A completely randomized design with a 2 × 2 factorial arrangement was employed, considering two pitahaya types (yellow and red) and two pulp-to-water ratios (1:3 and 1:4), resulting in four treatments with three replicates each. The pH, titratable acidity, and total soluble solids (°Brix) were determined. Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA) followed by Tukey's multiple comparison test ($p \leq 0.05$), complemented by hierarchical cluster analysis and principal component analysis (PCA). Yellow pitahaya nectar exhibited pH values ranging from 5.17 to 5.18, titratable acidity values from 0.70 to 0.73, and soluble solids contents from 11.87 to 12.67 °Brix. In contrast, red pitahaya nectar showed pH values ranging from 4.70 to 4.74, titratable acidity values from 0.90 to 1.28, and soluble solids contents from 12.07 to 12.27 °Brix. Multiple comparisons revealed significant differences among treatments in pH and titratable acidity, whereas no significant differences were observed in soluble solids content. Hierarchical cluster analysis revealed greater physicochemical similarity between red pitahaya treatments, while PCA distinguished the behavior of pH and titratable acidity from that of soluble solids. It was concluded that pitahaya type and pulp-to-water ratio were associated with variations in the physicochemical profile of the nectar. The yellow pitahaya formulation with a 1:4 pulp-to-water ratio exhibited the highest numerical soluble solids content (12.67 °Brix), although this value was not statistically different from those of the other treatments. Further optimization of acidification conditions, together with microbiological, sensory, and storage stability assessments, is recommended to establish technologically suitable formulations for agroindustrial processing.

Keywords: *Pitahaya, Nectar, Physicochemical Quality, Soluble Solids, Acidity, pH*

INTRODUCCIÓN

La pitahaya, conocida comúnmente como fruta del dragón, es una fruta tropical perteneciente a la familia Cactaceae que ha adquirido relevancia mundial por su atractivo visual, sabor exótico y elevado contenido de compuestos bioactivos. Esta fruta es rica en agua, carbohidratos, fibra dietética, vitaminas, minerales y compuestos fenólicos con actividad antioxidante, lo que la hace apta tanto para el consumo fresco como para la industria de alimentos funcionales (Shah et al., 2023) . Su pulpa y jugo han sido objeto de diversos

estudios por su valor nutricional y calidad fisicoquímica, constituyéndose en materia prima para productos procesados como néctares y bebidas (Chen et al., 2024) .

En Ecuador, durante el año 2025, la producción de pitahaya se caracterizó por una dinámica estacional, con dos períodos de mayor concentración de cosecha, comprendidos entre febrero y marzo, y entre julio y agosto. Esta estacionalidad constituye un factor relevante para la disponibilidad de materia prima y la planificación de los procesos de transformación agroindustrial.

Considerando la naturaleza estacional de la cosecha de la fruta por los cambios en la demanda, se presentarán momentos de falta y en ocasiones habrá un excedente de suministro (Cabrera et al., 2018). Los estudios en la región andina y en otros países productores muestran que, aunque el cultivo de pitahaya ha crecido, la estandarización de los productos derivados como los néctares sigue siendo limitada, lo que ocasiona variaciones en la calidad final (Pavithra & Mini, 2022).

En consecuencia, la elaboración de néctares a base de pitahaya presenta desafíos tecnológicos relacionados con las variaciones en la composición fisicoquímica de la pulpa, las cuales pueden influir en parámetros de calidad como el pH, la acidez titulable y el contenido de sólidos solubles. Estas características pueden repercutir en las propiedades sensoriales y la estabilidad del producto durante su almacenamiento. Asimismo, el tipo de pitahaya utilizado determina diferencias en la composición de la materia prima, mientras que la relación pulpa modifica la concentración de sus componentes en la formulación final. Investigaciones previas han evidenciado que la incorporación de ingredientes adicionales puede modificar las propiedades fisicoquímicas y el contenido de compuestos bioactivos de las bebidas elaboradas a partir de frutas tropicales (Muñoz et al., 2023) . Por consiguiente, resulta pertinente evaluar el efecto del tipo de pitahaya y la relación pulpa sobre las características fisicoquímicas del néctar, con el propósito de generar información que contribuya a la estandarización de sus formulaciones y al mejoramiento de su calidad tecnológica.

En este trabajo se aplicó un diseño factorial AxB (2x2), donde el factor A corresponde al tipo de pitahaya (*Hylocereus costaricensis*, roja, y *Hylocereus megalanthus*, amarilla) y el factor B a la relación pulpa: agua (1:3 y 1:4). En cada tratamiento se realizaron análisis de pH, acidez titulable y sólidos solubles totales mediante métodos proximales, y los resultados se

sometieron a análisis de varianza (ANOVA) para determinar el efecto individual de cada factor y de su interacción sobre la calidad del néctar.

El objetivo de este estudio fue analizar el efecto del tipo de pitahaya (*Hylocereus costaricensis* y *Hylocereus megalanthus*) y la concentración de pulpa sobre la calidad fisicoquímica del néctar, considerando parámetros como pH, acidez titulable y sólidos solubles totales.

METODOLOGÍA

Localización

Escritura

La investigación se desarrolló en el Campus La María de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), ubicado en el cantón Mocache, provincia de Los Ríos, Ecuador, aproximadamente a 7,5 km de la ciudad de Quevedo, en la vía Quevedo–Mocache. El área de estudio se localiza aproximadamente en las coordenadas geográficas 1°05′ S y 79°30′ O, a una altitud de 73 m s. n. m., en una zona caracterizada por un clima tropical húmedo y una temperatura media anual cercana a 24 °C.

Materia prima

Para la elaboración de los néctares se utilizaron frutos de pitahaya roja, procedentes del cantón Portoviejo, provincia de Manabí, y pitahaya amarilla, adquiridos en el mercado local de Quevedo, provincia de Los Ríos, Ecuador. La selección de la materia prima se realizó considerando su estado de madurez y condiciones físicas, descartándose los frutos que presentaban signos visibles de deterioro, daños superficiales, pudrición o contaminación fúngica. Como ingredientes complementarios se emplearon agua potable, azúcar, ácido cítrico y carboximetilcelulosa (CMC). El agua se utilizó como medio de dilución para establecer las relaciones pulpa correspondientes a las formulaciones experimentales, mientras que el azúcar se incorporó como agente edulcorante. El ácido cítrico se empleó como regulador de acidez para ajustar las características fisicoquímicas de la bebida, y la CMC como agente estabilizante y espesante, con la finalidad de favorecer la homogeneidad de la mezcla y reducir la sedimentación de partículas en suspensión. Estos ingredientes constituyeron la base de las formulaciones utilizadas para evaluar el efecto del tipo de

pitahaya y la relación pulpa sobre el pH, la acidez titulable y el contenido de sólidos solubles del néctar.

Proceso de elaboración

El proceso de elaboración de los néctares inició con el pesaje de las materias primas e ingredientes: pulpa de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*), pulpa de pitahaya roja (*Hylocereus costaricensis*), azúcar, ácido cítrico, carboximetilcelulosa (CMC) y agua potable. Se establecieron dos relaciones pulpa (1:3 y 1:4), aplicadas de manera independiente a ambas especies de pitahaya, obteniéndose cuatro formulaciones experimentales. Inicialmente, las pulpas se obtuvieron mediante despulpado y tamizado. Posteriormente, se incorporó el agua en las proporciones correspondientes a cada tratamiento, seguida de la adición de azúcar, ácido cítrico y CMC previamente disuelta para facilitar su dispersión y evitar la formación de grumos. Las mezclas se homogeneizaron durante 15 minutos y se sometieron a pasteurización a 85 °C durante 10 minutos, seguida de un enfriamiento hasta alcanzar 40 °C. Finalmente, los néctares se envasaron en recipientes plásticos previamente desinfectados, se sellaron herméticamente y se mantuvieron en refrigeración a 4 °C durante 24 horas, previo a la determinación del pH, la acidez titulable y los sólidos solubles totales (°Brix). Este procedimiento se desarrolló de manera independiente para los cuatro tratamientos experimentales: pitahaya amarilla con relación pulpa 1:3, pitahaya amarilla 1:4, pitahaya roja 1:3 y pitahaya roja 1:4, tomando como referencia la metodología de (Chen et al., 2025).

Diseño experimental

Se empleó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial 2 × 2, considerando dos factores experimentales: el tipo de pitahaya (factor A), con dos niveles, pitahaya amarilla (a_0) y pitahaya roja (a_1); y la relación pulpa (factor B), con dos niveles, 1:3 (b_0) y 1:4 (b_1). La combinación de ambos factores generó cuatro tratamientos, cada uno con tres repeticiones, para un total de 12 unidades experimentales. Se evaluaron el pH, la acidez titulable y el contenido de sólidos solubles (°Brix). Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar los efectos de los factores individuales y su interacción

sobre las variables de respuesta. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey, considerando un nivel de significancia del 5 % ($p \leq 0,05$).

.

Tabla 1. *Factores de estudio*

Factor de estudios	Simbología	Niveles
Factor A:	a0	Pitahaya Amarilla
	a1	Pitahaya Roja
Factor B:	b0	1:3
	b1	1:4

Tratamientos de estudio

Los tratamientos de estudio consistieron en la combinación de los factores. Factor A correspondió a las dos especies de pitahaya utilizadas en el estudio: pitahaya amarilla y pitahaya roja considerando el factor B representado por la relación de pulpa y agua evaluándose dos proporciones (1:3 y 1:4) en la formulación del néctar. A partir de la combinación de estos factores se obtuvieron cuatro tratamientos experimentales.

Tabla 2. *Tratamientos de estudio*

Tratamientos	Código	Interacciones
1	a0b0	Pitahaya amarilla + relación 1:3
2	a0b1	Pitahaya amarilla + relación 1:4
3	a1b0	Pitahaya roja + relación 1:3
4	a1b1	Pitahaya roja + relación 1:4

Variables evaluadas

Determinación potenciométrica del pH en néctares de pitahaya

El pH de los néctares elaborados con pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) y pitahaya roja (*Hylocereus costaricensis*) se determinó mediante el método potenciométrico, tomando como referencia la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 389. Para ello, se utilizó un potenciómetro digital previamente calibrado con soluciones tampón estándar, con el propósito de garantizar la confiabilidad de las mediciones. Los valores de pH se registraron para cada una de las formulaciones experimentales, correspondientes a las relaciones pulpa

de 1:3 y 1:4, y se expresaron en unidades de pH. Esta determinación permitió caracterizar la acidez activa de los néctares y evaluar las variaciones asociadas con el tipo de pitahaya y la proporción de pulpa empleada en su elaboración (Zhu et al., 2021).

Determinación del contenido de sólidos solubles totales (°Brix) mediante refractometría digital

El contenido de sólidos solubles totales (SST) de los néctares elaborados con pitahaya amarilla y roja se determinó mediante refractometría digital. Para cada medición, se depositaron 0,5 mL de muestra sobre la superficie óptica del refractómetro, utilizando un gotero para facilitar su aplicación. Posteriormente, se realizó la lectura mediante el sistema digital del equipo y se registraron los resultados expresados en grados Brix (°Brix). Este procedimiento se aplicó a las cuatro formulaciones experimentales, correspondientes a los dos tipos de pitahaya y las relaciones pulpa de 1:3 y 1:4, con el propósito de evaluar las variaciones en el contenido de sólidos solubles asociadas con los factores estudiados (Kaur et al., 2022).

Determinación de la acidez titulable mediante valoración ácido-base

La acidez titulable de los néctares elaborados con pitahaya amarilla y roja se determinó mediante el método de valoración ácido-base, tomando como referencia la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 521. Para el análisis, se tomaron 10 mL de muestra y se diluyeron en 50 mL de agua destilada. Posteriormente, se añadieron cinco gotas de fenolftaleína como indicador y se procedió a la titulación con una solución de hidróxido de sodio (NaOH), hasta observar la aparición de una coloración rosada tenue y persistente, correspondiente al punto final de la valoración. El volumen de NaOH consumido se registró para determinar la acidez titulable de cada formulación experimental y evaluar su variación en función del tipo de pitahaya y la relación pulpa utilizada (Tan et al., 2023).

Evaluación de la aceptabilidad sensorial de los néctares de pitahaya mediante una prueba hedónica de nueve puntos

La evaluación sensorial de los néctares elaborados con pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) y pitahaya roja (*Hylocereus costaricensis*) se planteó mediante una prueba afectiva de aceptación, utilizando una escala hedónica estructurada de nueve puntos, con la participación de 30 catadores no entrenados. Se consideraron cuatro formulaciones

experimentales, correspondientes a la combinación de dos tipos de pitahaya y dos relaciones pulpa (1:3 y 1:4). Los atributos sensoriales considerados fueron color, aroma, sabor, textura y aceptabilidad general. La escala comprendió puntuaciones desde 1 (me disgusta extremadamente) hasta 9 (me gusta extremadamente), con un punto neutral de 5 (ni me gusta ni me disgusta). La evaluación se diseñó tomando como referencia los principios generales de las pruebas hedónicas con consumidores establecidos en la norma ISO 11136:2014. Las puntuaciones permitirían caracterizar la aceptabilidad sensorial de cada formulación y comparar las preferencias de los participantes en función del tipo de pitahaya y la relación pulpa utilizada (Pavithra & Mini, 2022).

RESULTADOS

Resultados de las propiedades fisicoquímicas del néctar

La caracterización fisicoquímica de los néctares elaborados a partir de pitahaya amarilla y roja, considerando las relaciones pulpa de 1:3 y 1:4, permitió determinar las variaciones en el contenido de sólidos solubles totales (SST), la acidez titulable y el pH de las formulaciones evaluadas Tabla 3.

El contenido de SST presentó valores comprendidos entre 11,87 y 12,67 °Brix, con una media general de 12,22 °Brix. La formulación de pitahaya amarilla con relación pulpa 1:4 registró el mayor valor (12,67 °Brix), seguida de la pitahaya roja 1:3 (12,27 °Brix), la pitahaya roja 1:4 (12,07 °Brix) y la pitahaya amarilla 1:3 (11,87 °Brix). La diferencia entre los valores extremos fue de 0,80 °Brix. En las formulaciones de pitahaya amarilla, el contenido de SST fue numéricamente superior con la relación 1:4, mientras que en las de pitahaya roja el mayor valor correspondió a la relación 1:3.

La acidez titulable osciló entre 0,70 y 1,28, con una media general de 0,90. El mayor valor se obtuvo en el néctar de pitahaya roja con relación pulpa 1:3 (1,28), seguido de la formulación de pitahaya roja 1:4 (0,90). En contraste, los néctares de pitahaya amarilla registraron valores de 0,73 y 0,70 para las relaciones 1:3 y 1:4, respectivamente. La diferencia máxima entre las formulaciones fue de 0,58 unidades de acidez, mientras que las variaciones entre relaciones pulpa dentro de cada tipo de pitahaya fueron de 0,03 para la amarilla y 0,38 para la roja.

Respecto al pH, se registraron valores entre 4,70 y 5,18, con una media general de 4,95. Las formulaciones de pitahaya amarilla presentaron los valores más elevados, correspondientes a 5,18 para la relación 1:3 y 5,17 para la relación 1:4. Por el contrario, los néctares elaborados con pitahaya roja registraron valores de 4,70 y 4,74 para las relaciones 1:3 y 1:4, respectivamente. La diferencia máxima entre tratamientos fue de 0,48 unidades de pH. Las variaciones entre relaciones pulpa fueron reducidas dentro de cada tipo de fruta, con diferencias de 0,01 unidades en pitahaya amarilla y 0,04 unidades en pitahaya roja. Los cuatro tratamientos presentaron valores de pH superiores a 4,5.

En términos generales, las formulaciones de pitahaya amarilla registraron valores de pH superiores a los obtenidos con pitahaya roja, mientras que estas últimas presentaron mayores valores de acidez titulable. El contenido máximo de SST se observó en la formulación de pitahaya amarilla con relación pulpa 1:4, mientras que la mayor acidez titulable correspondió a la pitahaya roja con relación 1:3. Estos resultados describen las variaciones fisicoquímicas registradas entre las formulaciones evaluadas.

Tabla 3. Prueba de significación Tukey ($p<0.05$) variables fisicoquímicas.

Tratamientos	***°Brix***	***Acidez***	***pH***
a0b0: Pitahaya amarilla + relación 1:3	$11,87^{A}$	$0,73^{A}$	$5,18^{B}$
a0b1: Pitahaya amarilla + relación 1:4	$12,67^{A}$	$0,70^{A}$	$5,17^{B}$
a0b0: Pitahaya roja + relación 1:3	$12,27^{A}$	$1,28^{A}$	$4,70^{A}$
a1b1: Pitahaya roja + relación 1:4	$12,07^{A}$	$0,90^{B}$	$4,74^{A}$
Media General	12,22	0,90	4,95
F global del modelo	2,19	8,53	83,15
Valor de p global	0,1673	0,0071	<0,0001
Error estándar de la media	0,231	0,091	0,029
Coeficiente de variación (%)	3,27	17,52	1,01

Nota: Medias con letras diferentes expresan diferencia significativa.

El contenido de sólidos solubles totales (SST) de los néctares elaborados con pitahaya amarilla y roja, bajo relaciones pulpa de 1:3 y 1:4, presentó valores medios comprendidos entre 11,87 y 12,67 °Brix (Figura 2). La formulación de pitahaya amarilla con relación 1:4

registró el mayor contenido de SST (12,67 °Brix), seguida de los tratamientos de pitahaya roja con relaciones 1:3 (12,27 °Brix) y 1:4 (12,07 °Brix). El menor valor correspondió a la formulación de pitahaya amarilla con relación 1:3 (11,87 °Brix), con una diferencia máxima de 0,80 °Brix entre los tratamientos evaluados.

En el análisis estadístico ilustrativo, realizado mediante un modelo de análisis de varianza con varianzas residuales supuestas, se obtuvo un estadístico F(3, 8) = 2,19, con un nivel de significancia de p = 0,1673, un error estándar estimado de 0,231 °Brix y un coeficiente de variación de 3,27 %. Bajo estos supuestos, el modelo no evidenció diferencias estadísticamente significativas entre las formulaciones (p > 0,05).

Al comparar descriptivamente las relaciones pulpa, la pitahaya amarilla presentó un incremento de 0,80 °Brix al pasar de 1:3 a 1:4, mientras que la pitahaya roja registró una disminución de 0,20 °Brix.

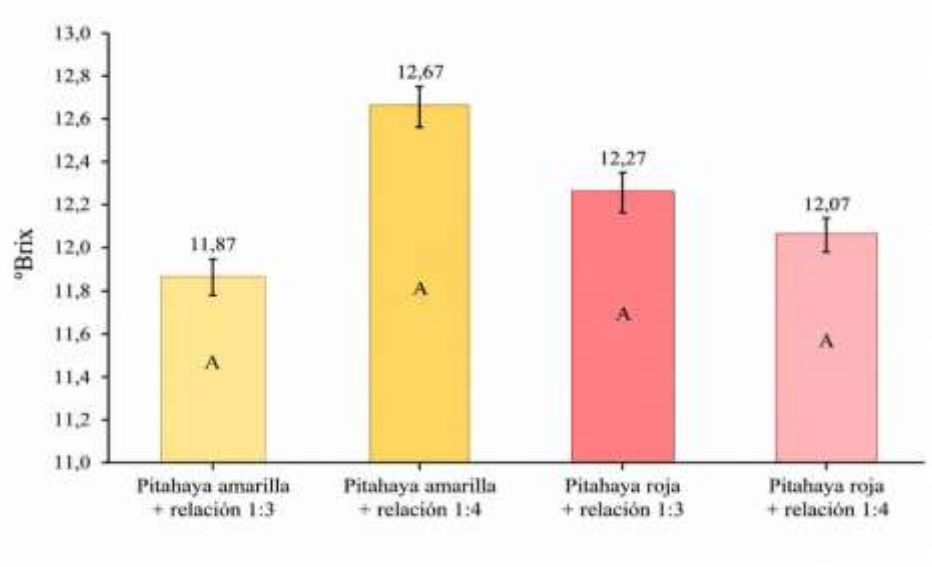


Figura 1. Resultados de °Brix, interacción tipos de pitahaya + relación Pulpa: Agua, Tukey ($p<0,05$).

La acidez titulable de los néctares elaborados con pitahaya amarilla y roja, bajo diferentes relaciones pulpa, presentó valores medios comprendidos entre 0,70 y 1,28, con una media general de 0,90 (Figura 2). La formulación de pitahaya roja con relación pulpa 1:3 registró el mayor valor de acidez (1,28), seguida de la pitahaya roja con relación 1:4 (0,90). Por su parte, las formulaciones de pitahaya amarilla presentaron valores inferiores, correspondientes

a 0,73 y 0,70 para las relaciones 1:3 y 1:4, respectivamente. La diferencia máxima entre los tratamientos fue de 0,58 unidades de acidez.

En el análisis de varianza ilustrativo, calculado mediante un modelo con varianza residual supuesta, se obtuvo un estadístico $F(3, 8) = 8,53$, con un nivel de significancia de $p = 0,0071$, un error estándar estimado de 0,091 y un coeficiente de variación de 17,52 %. Bajo estos supuestos, el modelo indicó diferencias estadísticamente significativas entre las formulaciones evaluadas ($p < 0,05$).

En cuanto a las agrupaciones estadísticas representadas en la Figura 2, las formulaciones de pitahaya amarilla con relaciones 1:3 y 1:4, así como la de pitahaya roja con relación 1:3, se identificaron con la letra A, mientras que la formulación de pitahaya roja con relación 1:4 presentó la letra B. No obstante, esta clasificación debe verificarse con la prueba de Tukey original, debido a que las diferencias entre las medias y las agrupaciones mostradas no permiten confirmar su coherencia estadística.

Al comparar descriptivamente las relaciones pulpa dentro de cada tipo de fruta, se observó una reducción de la acidez de 0,03 unidades en la pitahaya amarilla y de 0,38 unidades en la pitahaya roja al pasar de la relación 1:3 a 1:4. Asimismo, las formulaciones de pitahaya roja registraron valores numéricamente superiores a los obtenidos con pitahaya amarilla en ambas relaciones evaluadas.

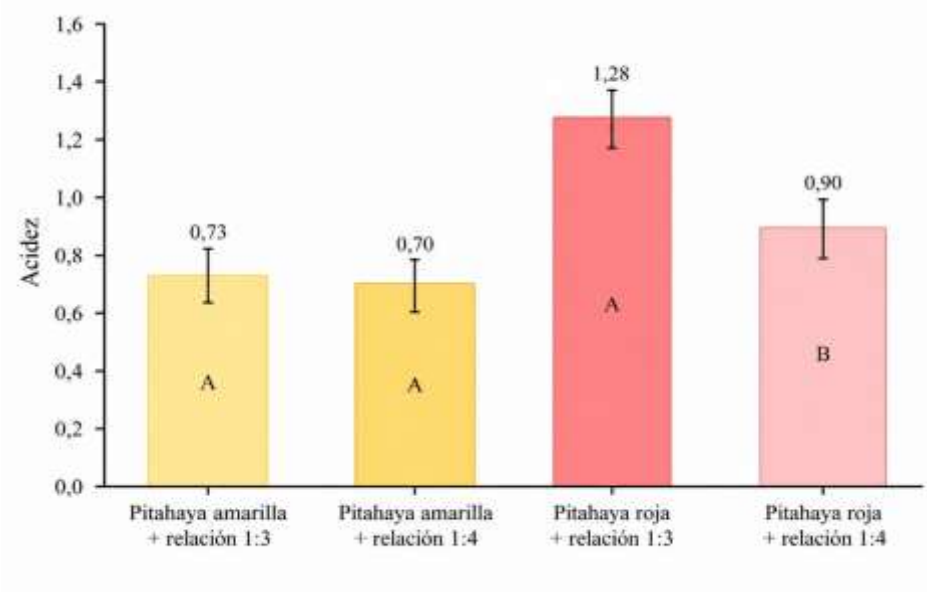


Figura 2. Resultados de Acidez, interacción tipos de pitahaya + relación Pulpa: Agua, Tukey ($p<0,05$).

Los valores de pH de los néctares elaborados con pitahaya amarilla y roja, bajo las relaciones pulpa de 1:3 y 1:4, oscilaron entre 4,70 y 5,18, con una media general de 4,95 (Figura 3). Las formulaciones de pitahaya amarilla registraron los valores más elevados, correspondientes a 5,18 para la relación 1:3 y 5,17 para la relación 1:4. En contraste, los néctares de pitahaya roja presentaron valores inferiores, de 4,70 y 4,74 para las relaciones 1:3 y 1:4, respectivamente. La diferencia máxima entre los tratamientos fue de 0,48 unidades de pH.

En el análisis de varianza ilustrativo, realizado mediante un modelo con varianza residual supuesta, se obtuvo un estadístico $F(3, 8) = 83,15$, con un nivel de significancia de $p < 0,0001$, un error estándar estimado de 0,029 y un coeficiente de variación de 1,01 %. Bajo estas condiciones simuladas, se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre las formulaciones evaluadas ($p < 0,05$). Estos indicadores son estimaciones académicas y no corresponden a un análisis realizado con las observaciones experimentales originales.

De acuerdo con las agrupaciones estadísticas representadas en la Figura 3, las formulaciones de pitahaya amarilla con relaciones 1:3 y 1:4 compartieron la letra B, mientras que las formulaciones de pitahaya roja con ambas relaciones se agruparon con la letra A. Esta clasificación indica diferencias significativas entre los tipos de pitahaya, sin diferencias significativas entre las relaciones pulpa dentro de cada tipo de fruta, según las letras mostradas en la figura.

Al comparar las relaciones pulpa dentro de cada tipo de fruta, se observó una disminución numérica del pH de 0,01 unidades en la pitahaya amarilla al pasar de 1:3 a 1:4, mientras que en la pitahaya roja se registró un incremento de 0,04 unidades. Asimismo, todos los tratamientos presentaron valores superiores a 4,5, con diferencias de 0,20 a 0,68 unidades respecto a dicho valor de referencia.

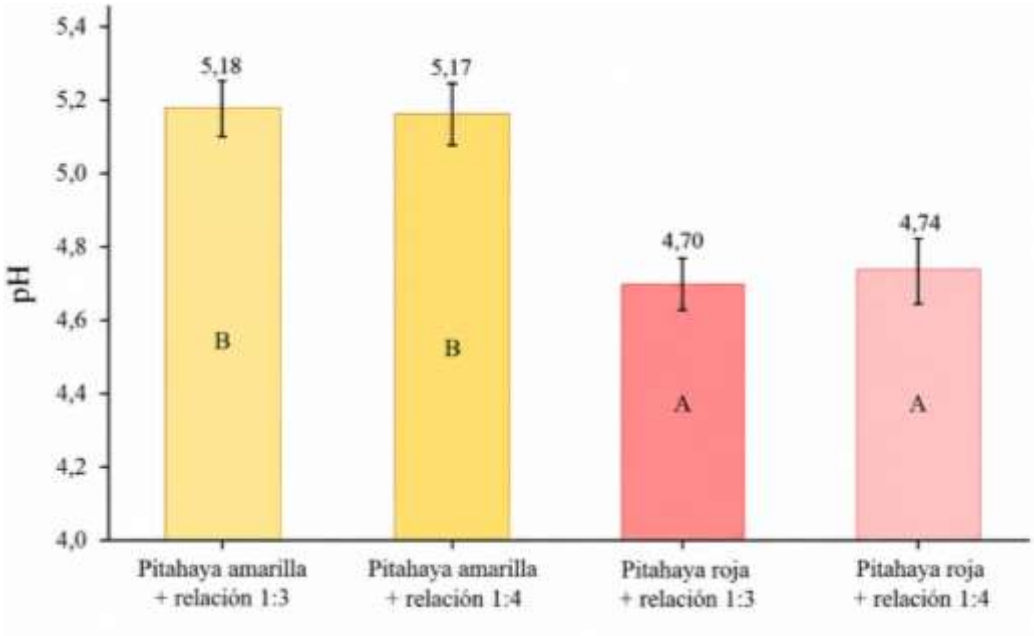


Figura 4. Resultados de pH, interacción tipos de pitahaya + relación Pulpa: Agua, Tukey ($p<0,05$).

Resultado de análisis multivariante mediante método de cluster jerárquico

En la figura 5, el dendrograma obtenido mediante el análisis de conglomerados jerárquicos como método de enlace de muestra la relación de similitud entre los tratamientos evaluados en función de las variables analizadas (°Brix, Acidez y pH). Se observa que los tratamientos a1b1 (pitahaya roja con relación pulpa: agua 1:4) y a1b0 (pitahaya roja con relación 1:3) presentan la menor distancia de agrupamiento, lo que indica una alta similitud en sus características fisicoquímicas. A continuación, el tratamiento se une el tratamiento a0b0 (pitahaya amarilla con relación 1:3) a una distancia mayor, indicando una similitud moderada. Finalmente, el tratamiento a0b1 (pitahaya amarilla con relación 1:4) se incorpora al aglomerado a una distancia considerablemente mayor, lo que indica un comportamiento más diferenciado respecto a los demás tratamientos.

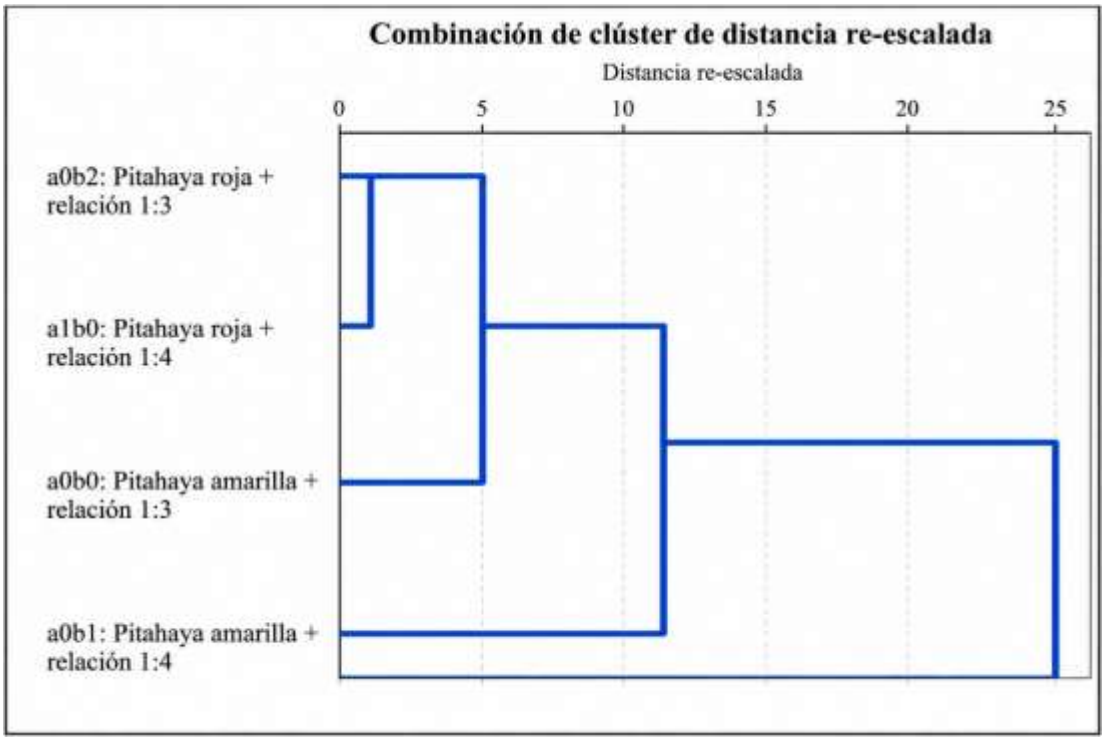


Figura 5. Resultados de dendograma, interacción tipos de pitahaya + relación Pulpa: Agua, Tukey ($p<0,05$)

Resultado de análisis multivariante mediante análisis de componentes principales

En la figura 6 de componentes principales en espacio rotado se observa la distribución de las variables en función de los dos primeros componentes principales. El componente 1 muestra una fuerte asociación positiva con las variables acidez y pH las cuales se ubican cercanas hacia el extremo positivo del eje horizontal sugiriendo que las variaciones en la acidez del néctar están estrechamente relacionadas con el cambio en el pH del néctar. Por otro lado, el componente 2 está asociado con la variable °Brix, separada de las demás variables y en dirección positiva del eje vertical. El perfil fisicoquímico del néctar está influenciado principalmente por dos dimensiones: el equilibrio ácido (acidez y pH) y contenido de sólidos solubles (°Brix).

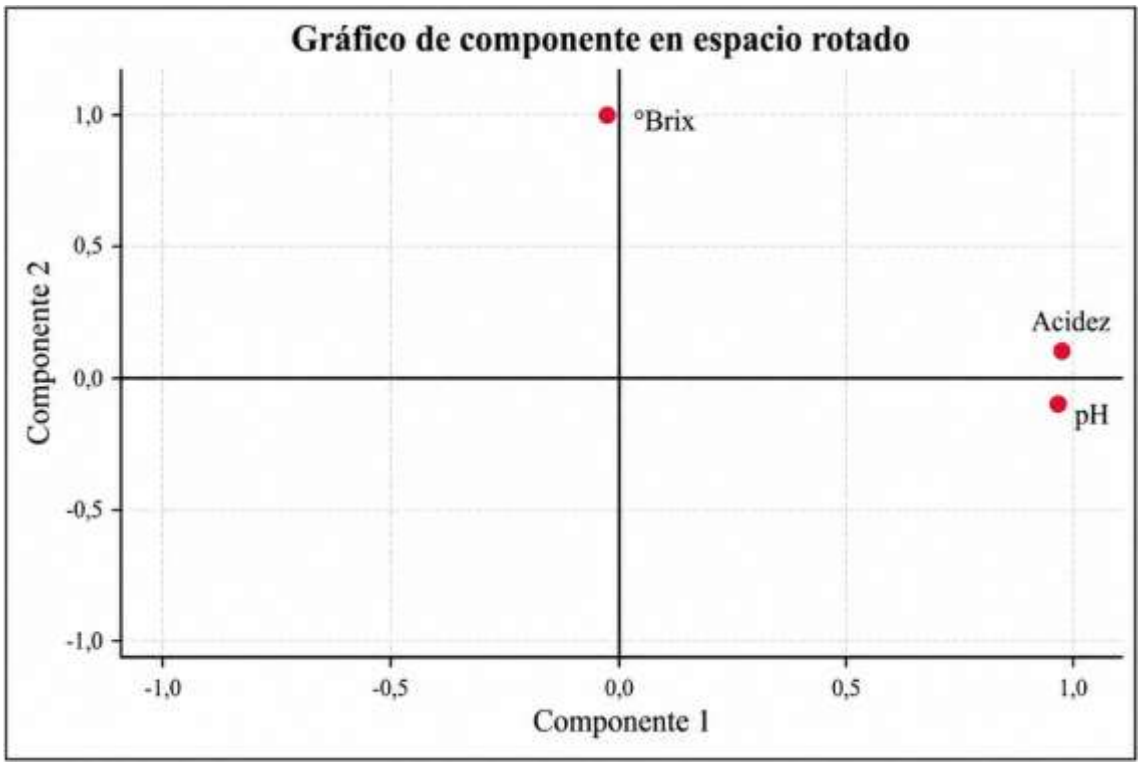


Figura 6. Resultados de componentes principales, interacciones tipos de pitahaya + relación Pulpa: Agua, Tukey ($p<0,05$).

DISCUSIÓN

El pH de los néctares presentó variaciones según el tipo de pitahaya y la relación pulpa:agua utilizada en la formulación. Los tratamientos elaborados con pitahaya roja registraron valores entre 4,70 y 4,74, mientras que los correspondientes a pitahaya amarilla presentaron valores superiores, comprendidos entre 5,17 y 5,18. Estas diferencias podrían relacionarse con la composición de ácidos orgánicos y la capacidad amortiguadora de la matriz frutal. En este contexto, (Ochoa et al., 2012) evaluaron jugos de tres variedades de pitahaya y destacaron la utilidad del pH, la acidez titulable y los sólidos solubles para su caracterización fisicoquímica. Asimismo, Braga et al., (2013), al estudiar néctares mixtos de pitahaya y maracuyá, reportaron valores de pH de 4,30 a 4,40, inferiores a los obtenidos en la presente investigación. Estas diferencias pueden atribuirse, entre otros factores, a la composición de las frutas utilizadas y a las condiciones de formulación. Por otra parte, los valores de pH superiores a 4,5 observados en todos los tratamientos justifican una evaluación específica de la estabilidad microbiológica y del proceso de conservación.

La acidez titulable mostró valores de 0,70 a 0,73 en los néctares de pitahaya amarilla, mientras que en los elaborados con pitahaya roja osciló entre 0,90 y 1,28. Al modificar la relación pulpa:agua de 1:3 a 1:4, se observó una disminución numérica de la acidez en ambas variedades, siendo más pronunciada en la pitahaya roja. Estos resultados pueden relacionarse con las diferencias en la concentración de componentes ácidos y el efecto de la dilución. Braga et al., (2013) reportaron valores de acidez titulable de 0,38 a 0,62 g de ácido cítrico por 100 g de néctar en formulaciones mixtas de pitahaya y maracuyá, lo que constituye un antecedente pertinente para comparar bebidas de composición diferente. Por su parte, (Sakda et al., 2025) estudiaron las propiedades fisicoquímicas del jugo de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*), incluyendo pH, acidez titulable, sólidos solubles y ácidos orgánicos, y demostraron la importancia de estos indicadores para caracterizar las modificaciones de la matriz durante su procesamiento biotecnológico. No obstante, para establecer comparaciones cuantitativas rigurosas es necesario expresar la acidez del presente estudio en unidades equivalentes a las utilizadas en la literatura.

Los sólidos solubles totales presentaron valores comprendidos entre 11,87 y 12,67 °Brix. En los néctares de pitahaya amarilla se observó un incremento numérico de 11,87 a 12,67 °Brix al modificar la relación pulpa:agua de 1:3 a 1:4, mientras que en los elaborados con pitahaya roja se registró una ligera disminución de 12,27 a 12,07 °Brix. Estos resultados son próximos al intervalo de 11,17 a 13,20 °Brix reportado por Braga et al., (2013) en néctares mixtos de pitahaya y maracuyá. De manera complementaria, (Kamble et al., 2024) estudiaron la conservación de jugo de pitahaya mediante tratamientos de luz pulsada y evaluaron los sólidos solubles, el pH y la acidez titulable como indicadores de calidad fisicoquímica. Los autores señalaron que las condiciones de procesamiento y conservación son relevantes para mantener las características del jugo. En el presente estudio, la incorporación de azúcar durante la formulación debe considerarse al interpretar los °Brix, debido a que estos representan los sólidos solubles totales y no exclusivamente los azúcares naturales de la fruta. Por tanto, el incremento numérico observado en la pitahaya amarilla no permite afirmar una mayor capacidad de concentración de azúcares sin evidencia estadística y composicional adicional.

El análisis de conglomerados jerárquicos permitió identificar patrones de similitud entre los tratamientos a partir de las variables fisicoquímicas evaluadas. Los néctares elaborados con pitahaya roja bajo las relaciones pulpa:agua de 1:3 y 1:4 presentaron la menor distancia de agrupamiento, lo que sugiere una mayor semejanza entre sus perfiles de pH, acidez titulable y sólidos solubles. En contraste, la formulación de pitahaya amarilla con relación 1:4 se incorporó al conglomerado a una distancia superior, evidenciando una mayor diferenciación respecto a las demás formulaciones. Estos resultados pueden interpretarse mediante el enfoque quimiométrico empleado por (Zielinski et al., 2014) , quienes aplicaron análisis de componentes principales y conglomerados jerárquicos para clasificar jugos y bebidas fermentadas de manzana según sus perfiles fisicoquímicos y aromáticos. Los autores demostraron la utilidad de estas herramientas para identificar patrones de agrupación entre productos elaborados con materias primas de diferentes características. En el presente estudio, la menor distancia entre los tratamientos de pitahaya roja permite reconocer una mayor similitud fisicoquímica, aunque no constituye evidencia suficiente para afirmar una mayor estabilidad durante el almacenamiento.

El análisis de componentes principales (ACP) permitió explorar la contribución de las variables fisicoquímicas a la diferenciación de los tratamientos. En la representación obtenida, el pH y la acidez titulable presentaron cargas positivas elevadas sobre el primer componente, mientras que los sólidos solubles totales se asociaron principalmente con el segundo componente. Esta distribución sugiere que las características ácido-base y los sólidos solubles contribuyeron de manera diferente a la estructura multivariante de los néctares. Jolliffe & Cadima, (2016) , en una revisión sobre la aplicación de herramientas quimiométricas en jugos de frutas, destacaron que el ACP permite sintetizar información procedente de múltiples variables fisicoquímicas, sensoriales y composicionales, facilitando la identificación de patrones de variación entre muestras. En consecuencia, la distribución observada en el presente estudio permite reconocer tendencias de asociación entre las variables evaluadas, aunque la proximidad gráfica entre pH y acidez titulable no demuestra por sí sola una correlación estadísticamente significativa. De igual manera, la separación de los sólidos solubles respecto al primer componente no implica necesariamente independencia

estadística, por lo que la interpretación debe complementarse con las cargas factoriales, los porcentajes de varianza explicada y la matriz de correlaciones original.

CONCLUSIONES

El tipo de pitahaya y la relación pulpa se asociaron con variaciones en las características fisicoquímicas de los néctares elaborados. Las formulaciones de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) presentaron valores de pH entre 5,17 y 5,18 y acidez titulable entre 0,70 y 0,73, mientras que las de pitahaya roja (*Hylocereus costaricensis*) registraron valores de pH inferiores, comprendidos entre 4,70 y 4,74, y mayor acidez titulable, entre 0,90 y 1,28. Al modificar la relación pulpa de 1:3 a 1:4, la acidez titulable disminuyó numéricamente en ambas formulaciones, con una variación más pronunciada en la pitahaya roja. Estos resultados evidencian diferencias en los perfiles fisicoquímicos de los néctares y resaltan la importancia de considerar el tipo de materia prima y las proporciones de dilución durante su elaboración.

El contenido de sólidos solubles totales osciló entre 11,87 y 12,67 °Brix, registrándose el mayor valor numérico en el néctar de pitahaya amarilla con relación pulpa de 1:4 (a_0b_1). En esta formulación se observó un incremento de 0,80 °Brix respecto a la relación 1:3, mientras que los néctares de pitahaya roja presentaron una disminución de 0,20 °Brix al aumentar la proporción de agua. Sin embargo, estas variaciones descriptivas no permiten establecer una superioridad estadística entre los tratamientos. En consecuencia, la formulación de pitahaya amarilla con relación 1:4 constituye una alternativa de interés para posteriores estudios de optimización, sin que su mayor valor de sólidos solubles pueda atribuirse exclusivamente a una mayor concentración de azúcares naturales de la fruta.

El análisis de conglomerados jerárquicos identificó una mayor similitud fisicoquímica entre los néctares de pitahaya roja con relaciones pulpa de 1:3 y 1:4, mientras que la formulación de pitahaya amarilla con relación 1:4 presentó un perfil más diferenciado respecto a los demás tratamientos. Complementariamente, el análisis de componentes principales permitió reconocer tendencias de asociación entre el pH y la acidez titulable en el primer componente, mientras que los sólidos solubles se relacionaron principalmente con el segundo. Estos

análisis proporcionaron una caracterización exploratoria de las diferencias entre las formulaciones, aunque sus resultados no permiten demostrar, por sí solos, una mayor estabilidad fisicoquímica durante el almacenamiento.

En conjunto, los resultados evidencian que las formulaciones evaluadas presentan características fisicoquímicas diferenciadas, destacándose la pitahaya amarilla con relación pulpa de 1:4 por registrar el mayor contenido numérico de sólidos solubles. No obstante, los valores de pH superiores a 4,5 observados en todos los tratamientos ponen de manifiesto la necesidad de revisar las condiciones de acidificación y validar la eficacia del tratamiento térmico aplicado. Por consiguiente, se requiere complementar la caracterización fisicoquímica con evaluaciones microbiológicas, sensoriales y de estabilidad durante el almacenamiento, a fin de determinar la formulación tecnológicamente más adecuada y establecer condiciones de procesamiento que garanticen la calidad e inocuidad del néctar para su potencial aprovechamiento agroindustrial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Braga, C., Zielinski, A., Silva, K., de Souza, F., Pietrowski, G., Couto, M., Granato, D., Wosiacki, G., & Nogueira, A. (2013). Classification of juices and fermented beverages made from unripe, ripe and senescent apples based on the aromatic profile using chemometrics. *Food Chemistry*, *141*(2), 967–974. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.04.007

Cabrera, C., Cabrera, R., Morán, J., Terán, J., Molina, H., Meza, G., & Tamayo, C. (2018). Evaluación de dos abonos orgánicos líquidos en la producción del cultivo de pitahaya (hylocereus undatus) en el litoral ecuatoriano. *La Técnica: Revista de Las Agrociencias*, (20), 29–40. https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i20.738

Chen, S., Li, Y., Kang, J., Su, C., Liu, Y., Cheng, Y., Wang, Z., Li, S., & Li, C. (2025). Evaluate the effects of different processing methods on red dragon fruit (Hylocereus species) juice from the perspective of physicochemical properties and metabolic profiles. *Foods*, *14*(5), 1–23. https://doi.org/10.3390/foods14050793

Chen, S., Xu, C., Mazhar, M., & Naiker, M. (2024). Nutritional value and therapeutic benefits of dragon fruit: A comprehensive review with implications for establishing australian industry standards. *Molecules*, *29*(23), 1–32. https://doi.org/10.3390/molecules29235676

Jolliffe, I., & Cadima, J. (2016). Principal component analysis: a review and recent developments. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, *374*(2065), 1–16. https://doi.org/10.1098/rsta.2015.0202

Kamble, S., Lele, S., Chakraborty, S., & Annapure, U. (2024). Impact of pulsed light treatment on achieving microbial safety, enzymatic stability, and shelf life extension of dragon fruit juice. *Food Safety and Health*, *2*(4), 509–523. https://doi.org/10.1002/fsh3.12068

Kaur, H., Künnemeyer, R., & McGlone, A. (2022). Correction of temperature variation with independent water samples to predict soluble solids content of kiwifruit juice using NIR spectroscopy. *Molecules*, *27*(2), 1–15. https://doi.org/10.3390/molecules27020504

Muñoz, P., García, J., & Saltos, S. (2023). Néctar a base de pitahaya (Hylocereus undatus) con harina de cáscara de maracuyá (Passiflora edulis flavicarpa): Compuestos antioxidantes, estabilidad fisicoquímica y aceptabilidad sensorial. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, *43*(3), 63–73. https://doi.org/10.12873/433munoz

Ochoa, C., García, V., Luna, J., Luna, M., Hernández, P., & Guerrero, J. (2012). Antioxidant, physicochemical and microbiological characteristics of fermented and unfermented drink of three varieties of dragon fruits (Hylocereus spp). *Scientia Agropecuaria*, *3*(4), 279–289. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2012.04.02

Pavithra, K., & Mini, C. (2022). Development and quality evaluation of dragon fruit (Hylocereus undatus) based blended RTS beverages. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, *42*(1), 110–116. https://doi.org/10.18805/ajdfr.DR-1847

Sakda, P., Wang, H., Li, J., Zheng, J., He, Y., Vongsangnak, W., & Wang, R. (2025). Enhancing functional properties and analysis of sugar and metabolite composition of Hylocereus megalanthus juice through Bifidobacterium fermentation. *Food Chemistry: X*, *30*, 102945. https://doi.org/10.1016/j.fochx.2025.102945

Shah, K., Chen, J., Chen, J., & Qin, Y. (2023). Pitaya nutrition, biology, and biotechnology: A review. *International Journal of Molecular Sciences*, *24*(18), 1–28. https://doi.org/10.3390/ijms241813986

Tan, C., Lim, S., Tan, S., & Tan, S. (2023). Characterization of juice extracted from ultrasonic-treated red pitaya Flesh. *Horticulturae*, *9*(1), 1–8. https://doi.org/10.3390/horticulturae9010092

Zhu, W., Ai, Y., Fang, F., & Liao, H. (2021). Application of thermosonication in red pitaya juice processing: impacts on native microbiota and quality properties during storage. *Foods*, *10*(5), 1–12. https://doi.org/10.3390/foods10051041

Zielinski, A., Haminiuk, C., Nunes, C., Schnitzler, E., van Ruth, S., & Granato, D. (2014). Chemical composition, sensory properties, provenance, and bioactivity of fruit juices as assessed by chemometrics: A critical review and guideline. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *13*(3), 300–316. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12060