



# Revista Científica I+D Aswan Science

Página Web de la Revista: <http://www.revistascience.enterprisesadeg.org.pe>

DOI: <https://doi.org/10.51892/rcidas.v2i.2.24>

## Ultrasonido en la inactivación microbiológica de una bebida a base de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) y piña (*Ananas comosus* L.)

**Ultrasound in the microbiological inactivation of a drink based on black mashua (*Tropaeolum tuberosum*) and pineapple (*Ananas comosus* L.)**

**Ultrassom na inativação microbiológica de bebida à base de mashua preta (*Tropaeolum tuberosum*) e abacaxi (*Ananas comosus* L.)**

Mercedes Layme Layme <sup>1\*</sup>, Lisbeth Apaza Condori <sup>1</sup> Antonieta Mojo Quisani<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de ingeniería de procesos, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Sicuani - Perú

### RESUMEN

*El ultrasonido es una tecnología empleada para la inactivación de microorganismos y conservar las características fisicoquímicas, a través de las ondas sonoras. El artículo tiene el objetivo aplicar el ultrasonido en la inactivación microbiológica, aceptabilidad y características fisicoquímicas de la bebida de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) y piña (*Ananas comosus* L.), sometidas a diferentes frecuencias de 28 y 40 kHz, tiempos de exposición 10, 20 y 30 min, la cantidad de muestra fue de 200 ml para cada tratamiento, se utilizó el diseño factorial mixto 2 x 3 = 6 tratamientos con 3 réplicas por tratamiento, se trabajó con el paquete estadístico STATGRAPHICS Centurión XVI.I para el análisis estadístico. Los resultados mostraron que para un tiempo de exposición de 30 minutos y frecuencia ultrasónica de 28 kHz, se obtuvo una reducción de 1.15 ciclos logarítmicos en mohos y levaduras teniendo un efecto significativo ( $p < 5\%$ ); para la aceptabilidad la frecuencia ultrasónica influye significativamente ( $p < 5\%$ ) en los atributos de olor y color. En cuanto al sabor no hay efecto significativo ( $p > 5\%$ ) al ser sometidos a los diferentes frecuencias y distintos tiempos de exposición. Los tratamientos que tuvieron mayor aceptabilidad fue T4 (color y sabor) y T5 (olor). Para las características fisicoquímicas se observa que a diferentes frecuencias (28 y 40 kHz) y tiempos de exposición (10, 20 y 30 min) tiene efecto significativo al ( $p < 5\%$ ) mas no en los sólidos solubles (°Brix) se evidencia que al aumentar el tiempo y disminuir la frecuencia ultrasónica se observa un incremento en los sólidos solubles.*

**Palabra Claves:** Bebida, espacio de color CIE, frecuencia, reducción microbiana, ultrasonido

\* Autor para correspondencia  
[mercedeslayme51@gmail.com](mailto:mercedeslayme51@gmail.com)

### HISTORIA DEL ARTÍCULO:

Recibido: 05 noviembre 2024

Aceptado: 20 diciembre 2024

Publicación en línea: 27 diciembre 2024



La revista científica I+D aswan science de [Enterprise Sadeg](http://www.revistascience.enterprisesadeg.org.pe) publica artículos y se distribuyen bajo una [licencia de Creative Commons Atribución-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

## ABSTRACT

Ultrasound is a technology used for the inactivation of microorganisms and to preserve their physicochemical characteristics through sound waves. The objective of this article is to apply ultrasound in the microbiological inactivation, acceptability and physicochemical characteristics of black mashua (*Tropaeolum tuberosum*) and pineapple (*Ananas comosus* L.) beverage, subjected to different frequencies of 28 and 40 kHz, exposure times of 10, 20 and 30 min, the sample amount was 200 ml for each treatment, the mixed factorial design  $2 \times 3 = 6$  treatments with 3 replicates per treatment was used, the statistical package STATGRAPHICS Centurion XVI.I was used for statistical analysis. The results showed that for an exposure time of 30 minutes and an ultrasonic frequency of 28 kHz, a reduction of 1.15 logarithmic cycles in molds and yeasts was obtained, having a significant effect ( $p < 5\%$ ); For acceptability, the ultrasonic frequency significantly influences ( $p < 5\%$ ) the attributes of smell and color. Regarding flavor, there is no significant effect ( $p > 5\%$ ) when subjected to different frequencies and different exposure times. The treatments that had the highest acceptability were T4 (color and flavor) and T5 (smell). For the physicochemical characteristics, it is observed that at different frequencies (28 and 40 kHz) and exposure times (10, 20 and 30 min) there is a significant effect ( $p < 5\%$ ) but not on soluble solids ( $^{\circ}$  Brix). It is evident that by increasing the time and decreasing the ultrasonic frequency, an increase in soluble solids is observed.

**Keywords:** Beverage, CIE color space, frequency, microbial reduction, ultrasound

## RESUMO

O ultrassom é uma tecnologia utilizada para inativar microrganismos e preservar as suas características físico-químicas através de ondas sonoras. O artigo tem como objetivo aplicar o ultrassom na inativação microbiológica, aceitabilidade e características físico-químicas da bebida mashua preta (*Tropaeolum tuberosum*) e ananás (*Ananas comosus* L.), submetidos a diferentes frequências de 28 e 40 kHz, tempos de exposição 10, 20 e 30 min, a quantidade de amostra foi de 200 ml para cada tratamento, foi utilizado o desenho fatorial misto  $2 \times 3 = 6$  tratamentos com 3 repetições por tratamento, foi utilizado o pacote estatístico STATGRAPHICS Centurion XVI.I para a análise estatística. Os resultados mostraram que para um tempo de exposição de 30 minutos e frequência ultrassônica de 28 kHz, obteve-se uma redução de 1,15 ciclos logarítmicos em bolores e leveduras, tendo um efeito significativo ( $p < 5\%$ ); Para a aceitabilidade, a frequência ultrassônica influencia significativamente ( $p < 5\%$ ) os atributos de odor e cor. Em relação ao sabor, não se verifica qualquer efeito significativo ( $p > 5\%$ ) quando submetido a diferentes frequências e a diferentes tempos de exposição. Os tratamentos que apresentaram maior aceitabilidade foram o T4 (cor e sabor) e o T5 (cheiro). Para as características físico-químicas observa-se que nas diferentes frequências (28 e 40 kHz) e tempos de exposição (10, 20 e 30 min) existe um efeito significativo ( $p < 5\%$ ), mas não nos sólidos solúveis ( $^{\circ}$ Brix) . é evidente que à medida que o tempo aumenta e a frequência ultrassônica diminui, observa-se um aumento de sólidos solúveis.

**Palavras-chave:** Bebida, espaço de cor CIE, frequência, redução microbiana, ultrassons

## 1. Introducción

Según la norma NTP 203.110 (2009), una bebida de fruta es un producto elaborado a partir de la mezcla de agua y jugo de fruta, con la adición de ingredientes y aditivos permitidos por el Codex Alimentarius, es un líquido sin fermentar, pero fermentable que contiene un mínimo del 10% de sólidos solubles. En países desarrollados, las bebidas a base de frutas se consumen en grandes cantidades y son muy populares; actualmente los consumidores exigen un

producto que sea mínimamente procesado, seguro, nutritivo y apetecible.

La inactivación microbiológica es crucial para garantizar la seguridad alimentaria del consumidor y alargar la vida útil del producto. La pasteurización es un método efectivo para la reducción microbiológica, esta a su vez ocasiona alteraciones en la calidad nutricional, calidad sensorial y cambios fisicoquímicos. Por otro lado, el

ultrasonido emplea las ondas sonoras de alta intensidad para inactivar microorganismos en alimentos y bebidas, basándose en el principio de cavitación para dicho efecto, es una tecnología eficiente y respetuosa con las propiedades del producto y el medio ambiente.

La piña (*Ananas comosus* L.) y la mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) son dos ingredientes que ofrecen múltiples beneficios en la industria alimentaria y la salud. La piña es rica en vitamina C y antioxidantes, y es el ingrediente valioso para la prevención y el fortalecimiento del sistema inmunológico. Por otro lado, la mashua negra es una fuente importante de antioxidantes, proteínas, fibra dietética y minerales esenciales.

El objetivo de la investigación fue evaluar la influencia del ultrasonido en la inactivación microbiológica, aceptabilidad y las características fisicoquímicas de la bebida de mashua negra y piña, al ser sometida a diferentes frecuencias y tiempos ultrasónicos.

## 2. Métodos y materiales

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo, en los laboratorios de Control de Calidad y de Investigación e Innovación de Productos Agroindustriales de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial – Filial Sicuani, de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC) y del laboratorio de Propiedades Físicas, Control de Calidad y Microbiología de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional José María Arguedas (UNAJMA), el tipo de Investigación es aplicada, cuantitativa y experimental, el tamaño de muestra realizado es un muestreo no paramétrico por conveniencia, las materias primas, es la mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) provino del distrito de Langui, provincia de Canas del departamento de Cusco y piña (*Ananas comosus* L.) provino del distrito de Cosñipata, provincia de Paucartambo del departamento de Cusco. Para la elaboración de la bebida se utilizó insumos: Azúcar blanca, CMC (carboximetil celulosa) y ácido

cítrico, la metodología para la elaboración de la bebida de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) y piña (*Ananas comosus* L.) se muestra en la figura 01

### 2.1. Determinación de la inactivación de mohos y levaduras

Primero, se creó un medio estéril, empezando con la desinfección de todos los materiales esterilizando las pipetas, tubos de ensayo y el medio a trabajar. Segundo, se tomó 9 ml de agua estéril para cada tubo de ensayo, para ello se utilizó jeringas de 5 ml., con una pipeta se extrajo 1 ml de muestra preparada (bebida de mashua negra y piña) y se hizo las diluciones en  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  y  $10^{-3}$ . Tercero, se colocaron las Placas 3M Petrifilm YM sobre una superficie nivelada y plana, seguidamente se levantó la película superior y se colocó 1 ml de la muestra  $10^{-3}$ . Cuarto, las muestras se incubaron en una Incubadora Modelo CLW 32 a una temperatura de 25°C durante 3 días en posición horizontal con la superficie transparente hacia arriba. Quinto, para el recuento de mohos y levaduras en las Placas 3M Petrifilm YM se utilizó un Contador de colonias digital Scan® 100. El recuento se realizó después del tercer día de almacenamiento.

### 2.2. Determinación de la aceptabilidad de la bebida

La determinación de la aceptabilidad se trabajó a través de pruebas afectivas referidas al consumidor, utilizando una escala hedónica verbal de 5 puntos. Donde me gusta muchos tiene un puntaje de 5 puntos, me gusta ligeramente 4 puntos, no me gusta, ni me disgusta 3 puntos, me disgusta ligeramente 2 puntos y me disgusta mucho 1 punto.

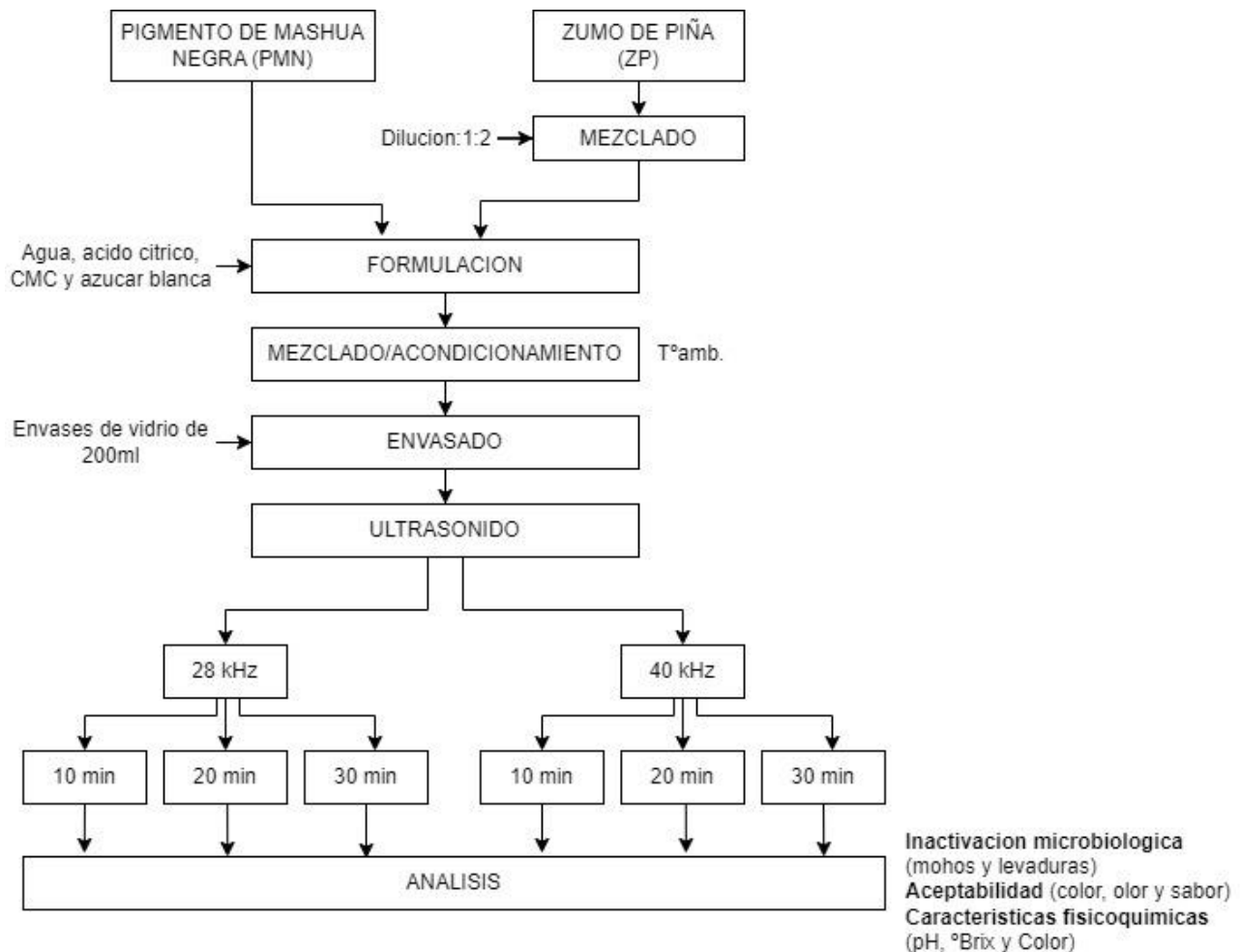
### 2.3. Determinación del pH

Para la determinación del pH se utilizó el Método de Potenciométrico utilizando potenciómetro marca Benchtop Meter Bundles, posteriormente se introdujo el potenciómetro en la muestra tratada por ultrasonido y la muestra control, se esperó 1

min. para su lectura. Antes del uso del potenciómetro se calibro con su solución buffer. (AOAC 981.12, 2005).

### Figura N° 01:

Diagrama de bloque para determinar las variables de estudio de la bebida de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) y piña (*Ananas comosus* L.) asistida por ultrasonido.



#### 2.4. Determinación de los Grados °Brix

Para la determinación de °Brix se utilizó el Método de Refractómetro Digital Portátil marca LUZERN modelo REF120 escala de 0-35 °Brix, a una temperatura de 18 °C. Antes del uso del refractómetro se calibro con agua destilada en el área del muestreo verificando que nos indique 0, después se colocó 1 gota de la bebida de mashua negra y piña (AOAC 931.12, 2005)

#### 2.5. Determinación del Color.

El color se determinó a través del Sistema CIELAB, utilizando un Colorímetro marca Kónica-Minolta modelo CR-400HS, las muestras fueron colocadas en placas Petri y se llenó para evitar la reflexión, enseguida se colocó sobre esta el colorímetro para su respectiva lectura (Vásquez, 2015).

#### 2.6. Diseño Experimental

Para el estudio de la investigación de la bebida de mashua negra y piña se utilizó

diseño experimental con arreglo factorial de  $2 \times 3 = 6$  tratamientos. Es decir, con 2 niveles en el factor de frecuencia ultrasónica, 3 niveles en el factor tiempo igual a 6 tratamientos con 3 réplicas.

### 3. Resultados y discusiones

#### 3.1. Inactivación Microbiológica de Mohos y Levaduras

En la tabla 01 se muestra los resultados de la inactivación de mohos y levaduras después

**Tabla N° 01:**

Resultados de la Inactivación microbiológica de la bebida de mashua negra y piña

tiempo (min)	frecuencia ultrasónica			
	28 kHz		40 kHz	
	$\bar{X}$ log (UFC/ml)	S	$\bar{X}$ log (UFC/ml)	S
0	1.505			
10	0.82	±0.03	0.88	±0.03
20	0.69	±0.09	0.8	±0.04
30	0.36	±0.1	0.67	±0.06

Dónde:  $\bar{X}$ : promedio S: desviación estándar

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 02 se muestran los resultados del análisis de varianza para la inactivación microbiológica de la bebida de mashua negra y piña; siendo la frecuencia ultrasónica (A) y el tiempo (B) poseen efectos significativos al 95% del nivel de confianza ( $P < 0.05$ ) sobre la inactivación de mohos y levaduras. La interacción del tiempo de exposición y la frecuencia ultrasónica (AB) tienen un efecto significativo al 5% en la inactivación de mohos y levaduras de la bebida de mashua negra y piña; se puede decir que se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_a$ ).

Es así, Şahin et al., (2013), explican la inactivación microbiana por ultrasonido, el cual es causado mediante los fenómenos de cavitación que ocasiona cambios en la presión. El efecto antimicrobiano es creado por la rápida creación y colapso de burbujas formadas por las ondas ultrasónicas. Por otro lado (Porrás et al., 2011) da a conocer que existe una reducción microbiológica

de ser sometidos a ultrasonido. Se tomó una muestra de control la cual no fue sometida ningún tratamiento. La frecuencia mínima de (28 kHz) fue capaz de reducir 1.15 ciclos logarítmicos en 30 min; de la misma manera para la mayor frecuencia ultrasónica (40 kHz) se obtuvo una reducción de 0.84 ciclos logarítmicos con el mismo tiempo de exposición.

significativamente a medida que se aumenta el tiempo de exposición, siendo mayor la inhibición microbiológica a 25 kHz a 60 min obteniendo una reducción en mesófilos aerobios en un 54.7 %, para hongos y levaduras 62.1 %, a mayor frecuencia menor intensidad

**Tabla N° 02:**

Análisis de varianza para la inactivación microbiológica

Fuente	Valor-P
A: frecuencia ultrasónica	0.0004
B: tiempo	0.0000
AB	0.0101

Fuente: Elaboración propia

#### 3.2. Evaluación Sensorial de la Bebida de Mashua Negra y Piña Sometida a Ultrasonido

En la tabla 03, se muestran los resultados de análisis de varianza a una probabilidad de error de 5% para el color de la bebida de

mashua negra y piña; la frecuencia ultrasónica (A), tiempo de exposición (B) y la interacción de AB no influyen significativa al 5%, por tanto, estos factores no tienen efecto significativo en la variable de respuesta, de color. El valor  $p > 0.05$ : se acepta la hipótesis nula  $H_0$ , y se rechaza la hipótesis alterna  $H_A$ . En la tabla 03, se muestran los resultados de análisis de varianza para el olor de la bebida de mashua negra y piña; la frecuencia ultrasónica (A) influye significativamente al 5 % en la variable de respuesta de olor. El valor  $p < 0.05$ : se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ , y se acepta la hipótesis alterna  $H_A$ ; y el tiempo de exposición (B) y la interacción de AB no influyen significativa al 5%, por tanto, estos factores no tienen efecto significativo en la variable de respuesta de olor. El valor  $p > 0.05$ : se acepta la hipótesis nula  $H_0$ , y se rechaza la hipótesis alterna  $H_A$ . En la tabla 03, se muestran los resultados de análisis de varianza para el sabor de la bebida de mashua negra y piña; la frecuencia ultrasónica (A), tiempo de exposición (B) y la interacción de AB no influyen significativa al 5%, por tanto, estos factores no tienen efecto significativo en la variable de respuesta, de Color. El valor  $p > 0.05$ : se acepta la hipótesis nula  $H_0$ , y se rechaza la hipótesis alterna  $H_A$ .

En el CODEX STAN 247 (2005) indica que los nectares o bebidas de frutas no fermentadas como criterios de calidad deben de tener el color, aroma y sabor característico del zumo del mismo tipo de fruta de la que procede.

El olor de la bebida de mashua negra y piña al ser sometido a ultrasonido muestra una buena aceptabilidad por parte de los panelistas evaluados con una descripción de "les gusta ligeramente" a "me gusta mucho" de igual manera en el trabajo de (Tucto, 2019) en la elaboración de una bebida de arándanos por ultrasonido muestra una buena aceptabilidad. Esto se debe a que

después de haber sido sometido a ultrasonido las muestras conservaban el olor típico.

Tucto (2019), indica que al someter una bebida de arándanos por ultrasonido conserva su sabor. También, (Ferrario & Guerrero, 2016) indican que el jugo de manzana tratado por ultrasonido es aceptado por los consumidores y conserva su sabor a manzana natural. De igual forma (Hong et al., 2020), indica que la generación de los radicales libres producen compuestos volátiles indeseables como: aldehídos, cetonas, ácidos, esterres y azufre y esto va a depender de las condiciones de procesamiento ultrasónico (tiempo y frecuencia) los ultrasonidos de baja frecuencia limitan la formación de los radicales libres y dan como resultados pocos compuestos volátiles en comparación a los de la alta frecuencia. En el presente estudio se trabaja con ultrasonidos de baja frecuencia es por esta razón que los panelistas no lograron detectar los compuestos volátiles.

#### Tabla N° 03:

Análisis de varianza para el análisis sensorial de la bebida de mashua negra y piña con exposición al ultrasonido

Fuente	Valor-P		
	Color	Olor	Sabor
A: Frecuencia ultrasónica	0.4243	0.0097	0.2041
B: Tiempo	0.4845	0.3517	0.2994
AB	0.4845	0.5057	0.1203

Fuente: Elaboración propia

### 3.3. Características Físicoquímicas: pH, °Brix y Color

En la tabla 04 se observa los resultados de las características físicoquímicas después de ser sometido a distintas frecuencias ultrasónicas y tiempos de exposición.

**Tabla N° 04:**

Resultados de las características fisicoquímicas de la bebida de mashua negra y piña

Tratamiento	Frecuencia (kHz)	Tiempo (min)	$\bar{X}$ pH	S	$\bar{X}$ °Brix (%)	S
T0	0	0	3.29	± 0.03	13.5	± 0.20
T1	28	10	3.23	± 0.02	14.0	± 0.10
T2	28	20	3.31	± 0.03	14.0	± 0.00
T3	28	30	3.32	± 0.03	14.1	± 0.20
T4	40	10	3.30	± 0.03	13.9	± 0.10
T5	40	20	3.30	± 0.01	14.0	± 0.10
T6	40	30	3.30	± 0.01	14.0	± 0.30

Dónde:  $\bar{X}$  es la media; s desviación estándar

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 04 se observa que el valor de pH sometida a 28 kHz aumenta de 3.23 a 3.32 y a mayor frecuencia ultrasónica 40 kHz no se observa la variación.

También en la tabla 04 se observa la variación de los resultados de los °Brix de los tratamientos aplicados con diferentes frecuencias y tiempos de exposición, en el cual se puede observar que todos los tratamientos aumentaron o se concentraron con respecto a los sólidos solubles. Por consiguiente, la combinación de las frecuencias ultrasónicas y tiempos de exposición son importantes en los resultados del pH y °Brix, ya que al trabajar con diferentes frecuencias y tiempos de exposición los factores tienden a cambiar en los valores de pH y °Brix.

### 3.4. pH

En la tabla 04, se muestra la variación del pH de la bebida de mashua negra y piña sometida a ultrasonido y tiempo, mostrando que a una misma frecuencia ultrasónica el valor de pH se incrementa con el tiempo de exposición al ultrasonido, 28 kHz desde 3.23 a 3.32. en la tabla 05 se muestra el ANVA del tiempo y la interacción de AB de exposición muestran efecto significativo al 5 % sobre el pH en la bebida de mashua negra y piña, estos resultados concuerdan con los encontrados por (Pérez, 2019), quien evaluó el efecto del tratamiento de ultrasonido en pulpa de "zarzamora" con un baño ultrasónico de 40 kHz y dos tiempos (30 min y 45 min) de exposición, dos temperaturas

de (25 °C y 40 °C). Los resultados mostraron un incremento con el tiempo de exposición al ultrasonido de 1.14 a 1.52. De igual forma (Zou & Jiang, 2016), quienes también evaluaron el efecto del tratamiento ultrasónico en jugo de "Zanahoria" con un baño ultrasónico de 40 kHz y tres tiempos de exposición (20 min, 40 min y 60 min). Los resultados mostraron un incremento de 5.21 a 5.25. Es así, (Hiraoka et al., 2006), explica el incremento del pH con el tiempo de exposición al ultrasonido, quien en ese entonces estudio la formación de radicales libres ocasionadas por irradiaciones ultrasónicas y demostró la aparición de radicales libres desde el 1er minuto de sonicación; es así, demostró que a mayor tiempo de exposición de irradiación es cuando se alcanza la mayor formación de radicales OH- (hidroxilo).

### 3.5. Sólidos Totales

En la tabla 04 se muestra la variación de °Brix en la bebida de mashua negra y piña, mostrando que se incrementa al aumentar el tiempo de exposición al ultrasonido. Los valores aumentan a 28 kHz de 14 a 14.1°Brix; y a 40 kHz de 13.9 a 14 °Brix. En la tabla 05 se muestra el ANVA determinándose que no existe efecto significativo al 5 % estadísticamente del tiempo de exposición y ultrasonido sobre el contenido de sólidos solubles de la bebida de mashua negra y piña. Pero numéricamente existe un incremento de sólidos solubles. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por (Pérez, 2019), quien evaluó el

efecto del tratamiento de ultrasonido en pulpa de "zarzamora" con un baño ultrasónico de 40 kHz y dos tiempos (30 min y 45 min) de exposición, dos temperaturas de (25 °C y 40 °C). Los resultados mostraron un incremento con el tiempo de exposición al ultrasonido de 6.00 a 7.00 °Brix. De igual forma (Zou & Jiang, 2016), quienes también evaluaron el efecto del tratamiento ultrasónico en jugo de "Zanahoria" con un baño ultrasónico de 40 kHz y tres tiempos de exposición (20 min, 40 min y 60 min). Los resultados mostraron un incremento de 4.09 a 4.19. También (Perdomo del aguila, 2017), quien evaluó el efecto del ultrasonido en pulpa de "mango" variedad Edward, con un baño ultrasónico de 40 kHz y cuatro tiempos de exposición (15 min, 30 min, 45 min y 60 min). Los resultados mostraron que hubo incremento hasta 18.11% en un tiempo de 45 min. Es así, (Zou et al., 2010) explica el incremento de sólidos solubles, el incremento podría atribuirse a que la implosión de las microburbujas, ocasionadas por el ultrasonido, destruye los tejidos de las paredes celulares, permitiendo un mayor ingreso de sólidos solubles y agua en las membranas celulares.

En la tabla 05 se muestra el ANVA, la interacción (AB) y variable tiempo, tiene un p valor menor al nivel de significancia de 0.05. El valor p es significativo, por tanto, estos factores tienen efecto significativo en las variables de respuesta, de pH, y la

frecuencia ultrasónica no es significativo al 5% en las variables de respuesta de pH, mostrándose mejor con los gráficos de Pareto e interacción de variables.

#### Tabla N° 05:

Análisis de varianza de los valores de pH y °Brix de la bebida de mashua negra y piña con exposición al ultrasonido

Fuente	Valor-P	
	pH	°Brix
A: Frecuencia ultrasónica	0.1571	0.3114
B: Tiempo	0.0053	0.4745
AB	0.0033	0.7188

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 05 se muestra el ANVA, las variables de frecuencia ultrasónica y tiempo de exposición; y la interacción AB, tienen un p valor mayor al nivel de significancia de 5 %, esto quiere decir que no hay interacción. Por tanto, estos factores no tienen efecto significativo en la variable de respuesta, de °Brix.

### 3.6. Espacio de Color CIE L\*a\*b\*

En la tabla 06 se puede observar que a una frecuencia de 28 kHz las coordenadas L\*, a\*, b\* y C\* tienden a disminuir, mientras que a mayor frecuencia (40 kHz) tienden a aumentar las coordenadas de L\*, a\*, b\* y C\* a medida que aumenta el tiempo de exposición.

#### Tabla 06:

Resumen estadístico para el color

Frecuencia (kHz)	Tiempo (min)	L*		a*		b*		C*	
		$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S
	0	14.37	± 0.14	19.36	± 0.58	2.39	± 0.27	19.51	± 0.61
28	10	17.98	± 0.90	28.82	± 1.90	5.91	± 0.85	29.42	± 2.02
28	20	18.01	± 0.38	27.20	± 1.51	5.36	± 0.56	28.05	± 1.16
28	30	16.32	± 0.59	24.36	± 2.00	3.74	± 0.95	24.66	± 2.12
40	10	18.03	± 0.44	28.76	± 0.86	6.33	± 0.32	29.45	± 0.91
40	20	17.74	± 0.30	28.34	± 0.66	6.18	± 0.39	29.01	± 0.72
40	30	22.52	± 1.96	34.48	± 1.58	8.39	± 0.32	35.49	± 1.62

Dónde:  $\bar{X}$  es promedio muestral y S es desviación estándar muestral

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 07:**

Análisis de varianza de los valores de la coordenada L\*, a\*, b\* y C\* de la bebida de mashua negra y piña con exposición al ultrasonido

Fuente	Valor-P			
	L*	a*	B*	C*
A: Frecuencia ultrasónica	0.0072	0.0009	0.0001	0.0008
B: Tiempo	0.0892	0.5691	0.8922	0.5813
AB	0.0014	0.0003	0.0002	0.0003

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 07 se muestra los resultados de análisis de varianza para la coordenada L\* de la bebida de mashua negra y piña; dichos resultados muestran que la frecuencia ultrasónica (A) y la interacción de AB poseen efecto significativo al 95 % de nivel de confianza ( $\alpha < 0.05$ ) sobre la coordenada L\*. Mientras que el tiempo de exposición (B) no influye en la coordenada L\* de la bebida de mashua negra y piña tratada con ultrasonido.

En la tabla 07 se muestra los resultados de análisis de varianza para la coordenada a\* de la bebida de mashua negra y piña; dichos resultados muestran que la frecuencia ultrasónica (A) y la interacción de AB poseen efecto significativo al 95 % de nivel de confianza ( $\alpha < 0.05$ ) sobre la coordenada a\*. Mientras que el tiempo de exposición (B) no influye en la coordenada a\* de la bebida de mashua negra y piña tratada con ultrasonido.

Los resultados de análisis de varianza para la coordenada b\* de la bebida de mashua negra y piña se muestra en la tabla 07 dichos resultados indican que la frecuencia ultrasónica (A) y la interacción de AB poseen efecto significativo al 95 % de nivel de confianza ( $\alpha < 0.05$ ) sobre la coordenada b\*. Mientras que el tiempo de exposición (B) no influye en la coordenada b\* de la bebida de mashua negra y piña tratada con ultrasonido.

En la tabla 07 se muestra los resultados de análisis de varianza para la coordenada C\* de la bebida de mashua negra y piña; dichos resultados muestran que la frecuencia ultrasónica (A) y la interacción de AB poseen efecto significativo al 95 % de nivel de confianza ( $\alpha < 0.05$ ) sobre la coordenada C\*. Mientras que el tiempo de exposición (B) no

influye en la coordenada C\* de la bebida de mashua negra y piña tratada con ultrasonido.

#### 4. Conclusiones

La influencia de frecuencia ultrasónica y tiempo de exposición, sobre la inactivación de mohos y levaduras tiene efecto significativo al ( $p < 5\%$ ), la inactivación microbiológica (mohos y levaduras) aumenta a medida que se aumenta el tiempo de exposición en las dos frecuencias ultrasónicas. Obteniendo una reducción mayor de 1.15 ciclos logarítmicos a los 30 minutos de exposición y a una frecuencia ultrasónica de 28 kHz.

La frecuencia ultrasónica y el tiempo de exposición no influyen significativamente al ( $p > 5\%$ ) en las variables de respuesta de color y sabor; en cuanto al olor tiene efecto significativo al ( $p < 5\%$ ) solo en la frecuencia ultrasónica. Los tratamientos que tuvieron buena aceptabilidad por los panelistas fueron T4 con respecto a sabor y color y para el olor el tratamiento T5.

En las características fisicoquímicas los factores de estudio tienen efecto significativo al ( $p < 5\%$ ), en las variables de respuesta, es así, se observa que el pH aumenta, a 28 kHz de 3.23 a 3.32, a 40 kHz 3.30; °Brix tiende a aumentar debido a que aumenta de 28 a 40 kHz y tiempo de exposición de 10 a 30 min, y con respecto al color se pudo evidenciar que a una frecuencia de 28 kHz las coordenadas L\*, a\*, b\* y C\* tienden a disminuir, mientras que a mayor frecuencia (40 kHz) tienden a aumentar las coordenadas de L\*, a\*, b\* y C\* a medida que aumenta el tiempo de exposición.

## 5. Agradecimiento

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se agradece a la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, por el apoyo financiero para la ejecución del trabajo de investigación a través del Programa de Fortalecimiento de la Investigación "Yachayninchis Wiñarinpapa" Resolución Nro. R-1023-2022-UNSAAC.

## 6. Bibliografía

- AOAC 931.12. (2005). AOAC Official Method 931.12.
- AOAC 981.12. (2005). AOAC Official Method 981.12.
- CIP. (2013). Primer simposio peruano de productos naturales.
- CODEX CXS 247. (2005). Norma general para zumos (jugos) y néctares de frutas. Codex Alimentarius, 22. Obtenido de <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/>
- Ferrario, M., & Guerrero, S. (2016). Estudio de la inactivación de microorganismos deteriorativos en jugos de manzana y melón tratados por luz pulsada y ultrasonido. Departamento de Industrias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- Hiraoka, W., Honda, H., Feril Jr., L., Kudo, N., & Kondo, T. (2006). Comparison between sonodynamic effect and photodynamic effect with photosensitizers on free radical formation and cell killing. *Ultrasonics Sonochemistry*, 13(ISSUE 6), 535-542. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2005.10.001>
- Kremkau, E. (2002). Ultrasonic detection of cavitation at catheter tips. *Am J Roentgenol*.
- NTP 203.110. (2009). Jugos, Néctares y Bebidas de fruta. Lima-Perú: 1ª. Recuperado el 31 de Mayo de 2023, de <https://vsip.info/ntp-203110-2009-jugos-nectares-bebidas-frutas-pdf-pdf-free.html>
- Perdomo del aguila, V. C. (2017). Efecto de Tiempo de Exposición al Ultrasonido (40 kHz) en las Características Físicoquímicas, Recuento de Bacterias Aerobias Mesófilas y Aceptabilidad General de la Pulpa de Mango (*Mangifera indica* L.) Variedad Edward. Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego. Obtenido de [https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/3583/1/re\\_ind.alim\\_vanessa.perdomo\\_exposicion.al.ultrasonido\\_datos.pdf](https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/3583/1/re_ind.alim_vanessa.perdomo_exposicion.al.ultrasonido_datos.pdf)
- Pérez Rodríguez, C. V. (2019). Efecto del tiempo de exposición al ultrasonido y la temperatura en las propiedades físicoquímicas, contenido de vitamina C y recuento de mohos y levaduras del mesocarpio de "zarzamora" *Rubus floribundus* Kunth (Rosaceae). *Arnaldoa*, 26(1). <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.261.26113>
- Porrás, O., González, G., Castellanos, A., Ballesteros, J., & Pacheco, M. (2011). Efecto de la aplicación de ondas de ultrasonido sobre las propiedades físicoquímicas, reológicas y microbiológicas de pulpa de mango (*Mangifera indica* L.) variedad común. Escuela de Ingeniería Agroindustrial-Instituto Universitario de la Paz-UNIPAZ, Barrancabermeja-Santandé.
- Şahin Ercan, S., & Soysal, Ç. (2013). Use of ultrasound in food preservation. *Scientific Research*, 5, 8B. <https://doi:10.4236/ns.2013.58A2002>
- Tucto S., E. T. (2019). Aplicación de Ultrasonido en la Obtención de Bebida de Arándano (*Vaccinium corymbosum*) Para Prolongar su Vida Útil". Universidad Nacional Hermilio Valdizan.
- Vásquez, A. (2015). Estimación de las coordenadas CIEL\*a\*b concentrados de tomate utilizando imágenes digitales. Colombia.
- Zou, Y., & Jiang, A. (2016). Effect of ultrasound treatment on quality and microbial load of carrot juice. *Food Science and Technology*, 36(1), 111-115. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.0061>
- Zou, Y., Xie, C., Fan, G., Gu, Z., & Han, Y. (2010). Optimization of ultrasound-assisted extraction of melanin from *Auricularia auricula* fruit bodies. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11, 611-615. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2010.07.002>